



**TUGAS AKHIR – RE 141581**

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK  
MENGUNAKAN PROSES AERASI,  
PENGENDAPAN, DAN FILTRASI MEDIA ZEOLIT-  
ARANG AKTIF**

**AFIYA ASADIYA**  
**3314100045**

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018





**TUGAS AKHIR - RE 141581**

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK  
MENGUNAKAN PROSES AERASI,  
PENGENDAPAN, DAN FILTRASI MEDIA ZEOLIT-  
ARANG AKTIF**

**AFIYA ASADIYA**  
**3314100045**

**Dosen Pembimbing**  
**Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**



**FINAL PROJECT - RE 141581**

***DOMESTIC WASTE WATER TREATMENT WITH  
AERATION, SEDIMENTATION, AND FILTRATION  
PROCESS USING ZEOLITH-ACTIVATED  
CHARCOAL MEDIA***

**AFIYA ASADIYA  
3314100045**

**Supervisor  
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc.**

**ENVIRONMENTAL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK MENGGUNAKAN  
PROSES AERASI, PENGENDAPAN, DAN FILTRASI MEDIA  
ZEOLIT-ARANG AKTIF**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik

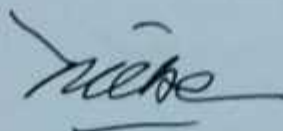
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AFIYA ASADIYA**  
NRP. 3314100045

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, M. Sc  
NIP. 19550128 198503 2 001



## **Pengolahan Air limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit – Arang Aktif**

**Nama Mahasiswa** : Afiya Asadiya  
**NRP** : 03211440000045  
**Jurusan** : Teknik Lingkungan  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,  
M. Sc.

### **ABSTRAK**

Produksi air limbah domestik khususnya *greywater* yang dihasilkan dari aktivitas manusia setiap harinya semakin meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk. Kualitas air limbah domestik masih jauh melebihi baku mutu yang telah ditetapkan pemerintah. Air limbah domestik atau rumah tangga yang tidak diolah secara benar dapat menyebabkan berbagai macam masalah bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Diperlukan pengolahan yang tepat untuk dapat mengolah air limbah domestik agar dapat memenuhi baku mutu air bersih, dan dapat digunakan sebagai sumber air bersih oleh masyarakat. Penelitian ini diharapkan dapat mengolah air limbah domestik dengan kualitas yang masih melebihi baku mutu menjadi air bersih yang telah memenuhi baku mutu. Lokasi studi kasus pada penelitian ini adalah Perumahan Bhaskara Jaya, Mulyosari, Surabaya. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan besar penyisihan kandungan pencemar dalam air limbah domestik dengan menggunakan proses aerasi, pengendapan, dan filtrasi.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan efektivitas pengolahan air limbah dengan menggunakan proses aerasi, sedimentasi dan filtrasi media zeolit-arang aktif menggunakan sistem kontinyu. Proses aerasi dilakukan dengan penambahan larutan EM4 sebagai pengolah zat organik yang ada pada air limbah, dan kemudian air limbah akan melewati bak pengendap untuk mengendapkan zat padat yang terkandung didalamnya. Selanjutnya, air limbah akan diolah menggunakan filter dengan

media zeolit dan arang aktif. Penelitian akan dilakukan dengan variabel komposisi media filter dan variabel dosis penambahan EM4.

Karakteristik awal air limbah domestik pada Perumahan Bhaskara Jaya masih melebihi baku mutu pada parameter BOD, COD, TSS, N, dan P. Setelah melewati serangkaian pengolahan dengan proses aerasi, sedimentasi, dan filtrasi menggunakan zeolit dan arang aktif, hasil penelitian menunjukkan terjadinya penurunan kandungan pencemar pada air limbah. Rata-rata penyisihan kandungan zat organik adalah ialah 93,14%, rata-rata penyisihan nilai N adalah 99,81%, rata-rata penyisihan nilai P adalah 99,67%, dan rata-rata penyisihan nilai TDS mencapai 84,76%, serta nilai penyisihan TSS ialah 99,97%. Melalui penelitian ini juga diperoleh nilai adsorpsi pada media filter yakni media zeolit dan arang aktif, dengan kapasitas adsorpsi media zeolit yaitu 80,12 mg/g, sedangkan untuk arang aktif ialah 121,43 mg/g.

**Kata kunci: air limbah, arang aktif, EM4, filtrasi, zeolit**

***Domestic Waste Water Treatment with Aeration,  
Sedimentation, and Filtration Process Using Zeolith-  
Activated Charcoal Media***

**Name** : Afiya Asadiya  
**NRP** : 03211440000045  
**Department** : Teknik Lingkungan  
**Supervisor** : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,  
M. Sc.

**ABSTRACT**

*The production of domestic wastewater, especially grey water that comes from daily human activity is increasing due to the increase of human population. The quality of domestic wastewater is still far above the government's standard. Domestic wastewater that does not treated well, could be dangerous for human and environment health. Domestic wastewater need to be treated properly to become a new source of freshwater. This research aim to treat domestic wastewater to become freshwater that can be used for daily activites. The location of this research is in Bhaskara Jaya Housing Complex, Mulyosari, Surabaya. As for the purpose of this research is to determine the amount of pollutant removal from the domestic wastewater using aeration, sedimentation, and filtration process with zeolith and activated charcoal media.*

*might become one of the new source of freshwater for clean water or drinking water. The concept of waste water reuse has become the government's program that in trial phase. are to determine the characteristic of domestic wastewater, and to determine the value of adsorption and breakthrough time from the filter media.*

*This research will investigate the effectivity of domestic wastewater treatment using aeration process, sedimentation, and filtration using zeolith-activated charcoal media. The aeration process is done with addition of EM4 solution as organic substance treatment aid in the domestic wastewater and then the wastewater will go through the sedimentation process before go to filtration process. In the main research, the research will be*



conducted with the variable of filter media composition and EM4 addition dose.

*The characteristic of domestic wastewater in Bhaskara Jaya is still exceeds the threshold value of BOD, COD, TSS, N, P, and surfactant parameters. After going through the series of treatment with aeration process and filtration using zeolith and activated charcoal, there is a significant removal of the wastewater pollutant. The average removal of organic material is 93,14%. The average removal of P, N, and TDS respectively is 99,67% ; 99,81% ; 84,76% and the removal of TSS is 99,97%. Through this research, the adsorption value for the zeolit and activated charcoal media filter is obtained, with the adsorption capacity is 80,12 mg/g for the zeolit media and 121,43 mg/g for activated charcoal.*

**Keywords: wastewater, activated carbon, EM4, filtration, zeolith**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya sampaikan kepada Tuhan YME karena atas Rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Menggunakan Proses Filtrasi Media Zeolit – Arang Aktif”**, dan saya sampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr.Ir Nieke Karnaningroem M.Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang diberikan.
2. Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes., Bapak Dr. Ali Masduqi, ST., MT. selaku dosen penguji tugas akhir, terima kasih atas saran serta bimbingannya.
3. Ibu dan Bapak Laboran Jurusan Teknik Lingkungan yang telah membantu dan memfasilitasi ketika di Laboratorium.
4. Keluarga saya yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran tugas akhir saya.
5. Sahabat-sahabat saya, Febriandita, Yahdini, Adzalia, Arum, Ofi, Iftitah, Fahriza, Dina dan Dinda yang selalu memerikan saya semangat dan dukungan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman angkatan 2014 yang selalu memberikan semangat dan siap membantu saya.

Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya menerima saran agar penulisan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, 20 Desember 2017

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
BAB I .....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Ruang Lingkup .....	4
1.5 Manfaat .....	5
BAB II .....	7
TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1 Air Limbah Domestik .....	7
2.2 Parameter Pencemar Air Limbah Domestik .....	9
2.2.1 Chemical Oxygen Demand (COD) .....	9
2.2.2 Biochemical Oxygen Demand (BOD) .....	9
2.2.3 Total Suspended Solids (TSS) .....	10

2.2.4 Total Dissolved Solids (TDS) .....	10
2.2.5 DO (Dissolved Oxygen) .....	11
2.2.6 pH dan Bau .....	11
2.2.7 Temperatur.....	12
2.2.8 Nitrat dan Fosfat .....	12
2.3 Proses Aerasi .....	13
2.3.1 Sistem Aerasi Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah .....	14
2.4 EM4 ( <i>Effective Microorganism 4</i> ).....	15
2.5 Proses Aerasi Dengan Memanfaatkan EM4.....	16
2.6 Proses Pengendapan .....	17
2.7 Proses Filtrasi .....	17
2.7.1 Beban Hidrolik dan Organik pada Proses Filtrasi .....	19
2.7.2 Hidrolika Filtrasi .....	20
2.8 Zeolit.....	22
2.9 Arang Aktif .....	24
2.10 Adsorpsi.....	26
2.11 Kapasitas Adsorpsi .....	29
2.12 Pendekatan Kinetika Adsorpsi .....	29
2.13 Pendekatan Kinetika Adsorpsi Model Thomas .....	31
2.14 Penelitian Terdahulu .....	32
BAB III.....	37
METODE PENELITIAN .....	37

3.1 Kerangka Penelitian .....	37
3.2 Ide Penelitian.....	40
3.3 Studi Literatur .....	40
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	40
3.4.1 Lokasi Sampling .....	41
3.4.2 Langkah Awal Penelitian.....	41
3.4.3 Penelitian Utama.....	44
3.5 Persiapan Bahan dan Alat.....	47
3.6 Analisis Data dan Pembahasan .....	53
3.7 Kesimpulan.....	54
BAB IV .....	55
ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	55
4.1 Analisis Karakteristik Awal Air Limbah .....	55
4.2 Analisa Penelitian .....	56
4.2.1 Parameter Kandungan Zat Organik.....	60
4.2.2 Parameter Nilai <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS)....	65
4.2.3 Parameter Nilai P .....	70
4.2.4 Parameter Nilai N.....	74
4.2.5 Parameter Nilai <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)..	78
4.3 Adsorpsi Media Filter menggunakan Model Thomas .....	80
4.3.1 Perhitungan Densitas dan Massa Media Filter .	80
4.3.2 Model Adsorpsi Thomas .....	82

4.4 Waktu <i>Breakthrough</i> Media Filter .....	90
4.5 Perbandingan Kemampuan Filtrasi dan Adsorpsi Media Zeolit-Arang Aktif .....	91
BAB V .....	93
KESIMPULAN DAN SARAN .....	93
5.1 Kesimpulan .....	93
5.2 Saran .....	94
DAFTAR PUSTAKA .....	95
LAMPIRAN .....	103
PROFIL PENULIS .....	134

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Pengujian Parameter Air Limbah Domestik .....	43
Tabel 3. 2 Baku Mutu Limbah Cair Domestik berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	43
Tabel 3. 3 Baku Mutu Air Bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 tahun 2017 .....	44
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Karakteristik Awal Air Limbah Domestik Perumahan Bhaskara Jaya.....	55
Tabel 4. 2 Variabel Penelitian.....	57
Tabel 4. 3 Presentase Penyisihan Parameter Pencemar pada Proses Aerasi dan Pengendapan .....	58
Tabel 4. 4 Hasil Akhir Analisis Kandungan Zat Organik Seluruh Variabel Penelitian.....	61
Tabel 4. 5 Hasil Akhir Analisis Nilai TDS Seluruh Variabel Penelitian .....	66
Tabel 4. 6 Hasil Akhir Analisis Nilai P Seluruh Variabel Penelitian .....	70
Tabel 4. 7 Hasil Akhir Analisis Nilai N Seluruh Variabel Penelitian .....	74
Tabel 4. 8 Hasil Akhir Analisis Nilai TSS Seluruh Variabel Penelitian .....	79
Tabel 4. 9 Ketinggian Media pada Kolom Filter .....	81
Tabel 4. 10 Persamaan Linier dan Nilai Regresi Model Thomas	83
Tabel 4. 11Nilai Kapasitas Adsorpsi Media Zeolit dan Arang Aktif .....	89
Tabel 4. 12 Waktu Breakthrough Media Filter .....	90



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Aerasi Terdifusi.....	14
Gambar 2. 2 EM4 Pengolah Limbah .....	17
Gambar 2. 3 Zeolit Alam.....	22
Gambar 2. 4 (a) Arang Aktif Bubuk; (b) Arang Aktif Butiran.....	26
Gambar 2. 5 Grafik Pendekatan Kinetika Adsorpsi.....	30
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	39
Gambar 3. 2 Perumahan Bhaskara Jaya .....	42
Gambar 3. 3 Titik <i>Sampling</i> Perumahan Bhaskara Jaya .....	46
Gambar 3. 5 Tampak Samping Reaktor.....	49
Gambar 3. 4 Denah Reaktor .....	49
Gambar 4. 1 Diagram Alir Proses Pengolahan.....	57
Gambar 4. 2 Grafik Penurunan Nilai zat organik pada variabel C2-A2.....	64
Gambar 4. 3 Grafik Penyisihan Nilai zat organik pada variabel C2-A2.....	64
Gambar 4. 4 Grafik Penurunan Nilai TDS pada variabel C2-A2 .....	69
Gambar 4. 5 Grafik Penyisihan Nilai TDS pada variabel C2-A2 .....	69
Gambar 4. 6 Grafik Presentase Penyisihan Nilai P pada variabel C2-A2.....	73
Gambar 4. 7 Grafik Penyisihan Nilai N pada variabel C2-A2.....	78
Gambar 4. 8 Grafik Presentase Penyisihan Nilai TSS .....	79
Gambar 4. 9 Kurva Regresi Variabel A1-C1 .....	84
Gambar 4. 10 Kurva Regresi Variabel A2-C1 .....	84
Gambar 4. 11 Kurva Regresi Variabel A3-C1 .....	85
Gambar 4. 12 Kurva Regresi Variabel A1-C2 .....	85
Gambar 4. 13 Kurva Regresi Variabel A2-C2 .....	86
Gambar 4. 14 Kurva Regresi Variabel A3-C2 .....	86
Gambar 4. 15 Kurva Regresi Variabel A1-C3 .....	87
Gambar 4. 16 Kurva Regresi Variabel A2-C3 .....	87
Gambar 4. 17 Kurva Regresi Variabel A3-C3 .....	88

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan zaman yang cukup pesat mempengaruhi jumlah populasi penduduk yang semakin meningkat tiap tahunnya. Penduduk Kota Surabaya berjumlah 2.765.487 jiwa dengan luas wilayah 326,37 km<sup>2</sup> (Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Surabaya, 2010). Sedangkan laju pertumbuhan penduduk Kota Surabaya sebesar 0,63 persen per tahun. Ketergantungan manusia terhadap air semakin besar sejalan dengan perkembangan penduduk yang semakin meningkat. Begitu juga halnya peningkatan jumlah penduduk di Kota Surabaya berbanding lurus dengan peningkatan akan kebutuhan air bersih untuk kebutuhan hidup sehari-hari.

Pada sisi lain, air limbah domestik telah menjadi isu penting yang timbul sejalan dengan terus meningkatnya populasi manusia dan kemajuan pembangunan yang semakin pesat. Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia pada tahun 2014 mengeluarkan hasil studi bahwa 60-70 % sungai di Indonesia telah tercemar limbah domestik atau rumah tangga. Air limbah domestik atau rumah tangga yang tidak diolah secara benar dapat menyebabkan berbagai macam masalah bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Pada umumnya, karakteristik dari air limbah domestik diantaranya adalah TSS 25-183 mg/l, COD 100-700 mg/l, BOD 47-466 mg/l, Total Coliform 56-8,03x10<sup>7</sup> CFU/100 ml (Ayumi dkk., 2015). Air Limbah domestik yang merupakan air buangan rumah tangga yang dibuang ke badan air dapat berpotensi menjadi salah satu sumber air baku untuk air bersih. Pengolahan ulang air limbah domestik dimaksudkan supaya air limbah domestik dapat dimanfaatkan menjadi air bersih dan memenuhi baku mutu air bersih.

Berdasarkan pada uraian diatas, perlu adanya metode yang efisien dan tepat guna untuk pengolahan air limbah domestik. Penelitian ini mengambil lokasi studi kasus di

kawasan Perumahan Bhaskara Jaya, Mulyosari, Surabaya. Lokasi ini dipilih karena berdasarkan penelitian awal karakteristik air limbah domestik Perumahan Bhaskara Jaya yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, kadungan pencemar dalam air limbah Perumahan Bhaskara Jaya cukup tinggi, yakni nilai COD yang bernilai 160 mg/L dengan baku mutu yang diizinkan untuk limbah domestik adalah 30 mg/L. Selain itu, kadar nitrat yang tinggi, yakni bernilai 26,65 mg/L dari baku mutu 10 mg/L, dan nilai TSS yakni 150 mg/L dari baku mutu yang diizinkan 30 mg/L. Dari hasil penelitian karakteristik awal tersebut, dirasa perlu adanya pengolahan air limbah domestik. Pengolahan yang digunakan adalah proses aerasi dengan penambahan bakteri EM4 sebagai proses secara biologi dan dilanjutkan dengan proses pengendapan dan filtrasi yang menggunakan media arang aktif. Aerasi adalah proses dilakukannya kontak antara air dan udara baik dengan cara natural maupun dengan desain mekanis untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air (Nadaiyl dkk., 2015). Penurunan kadar BOD dengan proses aerasi mencapai 50 persen, sedangkan untuk kadar COD penurunan dapat mencapai 62 persen (Mubarokah, 2010). Proses aerasi yang merupakan proses pengolahan secara biologis dengan adanya penambahan EM 4, menjadi proses sangat penting karena pada pengolahan air limbah domestik memanfaatkan bakteri aerob untuk mereduksi zat organik dalam air limbah domestik, khususnya BOD dan COD. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Massoud dan Rashed (2014), dengan menggunakan EM4, penurunan kadar BOD dan COD dalam air limbah dapat mencapai 93%.

Selain dengan aerasi, pengolahan selanjutnya adalah pengendapan. Pengendapan dilakukan agar flok yang terbentuk dari proses aerasi dapat tersendapkan. Selanjutnya adalah proses filtrasi yang menggunakan media zeolit dan arang aktif. Perpaduan aerasi, pengendapan, dan filtrasi dengan menggunakan media zeolit dan arang aktif digunakan karena dibutuhkan tingkat efisiensi removal yang tinggi untuk setiap parameter pada air limbah domestik.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Endahwati dan Suprihatin (2012), penurunan kadar COD dengan pengolahan menggunakan proses aerasi dan filtrasi mencapai 81,7%. Zeolit memiliki sifat yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi karena keunikan sifat fisik dan kimianya, diantaranya kemampuan dalam pertukaran ion (*ion exchange*) dan juga selektivitas penyerapan yang tinggi (adsorpsi) (Ronaldo, 2008). Sedangkan, karbon aktif adalah karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga pori - porinya terbuka, dan dengan demikian akan mempunyai daya serap yang dapat menghilangkan partikel-partikel dalam air. Karbon aktif sebagian besar terdiri dari karbon yang bebas serta memiliki permukaan dalam (*internal surface*), sehingga mempunyai daya serap yang baik (Mifbakhuddin, 2010).

Hasil dari penelitian ini diharapkan air limbah domestik yang diolah dapat menjadi sumber air bersih dengan memenuhi standar baku mutu air bersih yakni berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017. Parameter yang diambil berdasarkan baku mutu ini adalah *Total Dissolved Solid* (TDS), kadar zat organik, nitrat, dan fosfat, serta dihitung juga nilai *Total Suspended Solid* (TSS) sebagai parameter tambahan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah yang mendasari penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana karakteristik air limbah domestik yang ada di Perumahan Bhaskara Jaya jika dibandingkan dengan baku mutu air limbah domestik, yakni Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016?
2. Berapakah penurunan konsentrasi pencemar pada air limbah domestik yang telah melewati serangkaian proses, yakni menggunakan aerasi dengan penambahan EM4, proses pengendapan, dan filtrasi media zeolit dan arang aktif?
3. Berapakah kapasitas adsorpsi dari media filter yang digunakan dan waktu *breakthrough* media filter?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang ada, tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengidentifikasi karakteristik awal air limbah domestik di Perumahan Bhaskara Jaya jika dibandingkan dengan baku mutu air limbah domestik, yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016.
2. Menentukan penyisihan kandungan pencemar dalam air limbah domestik Perumahan Bhaskara Jaya dengan menggunakan variasi dosis penambahan EM4 saat aerasi dan variasi komposisi media filter.
3. Menentukan nilai adsorpsi media filter dan prakiraan waktu *breakthrough*.

### 1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian kali ini adalah:

1. Lokasi penelitian adalah salah satu perumahan yang berlokasi di Surabaya Timur, yakni Perumahan Bhaskara Jaya, Mulyosari.
2. Pengolahan limbah menggunakan proses aerasi dengan penambahan EM4 sebagai proses biologi, Proses pengendapan untuk mengendapkan padatan terlarut dan tersuspensi, dan proses filtrasi dengan media zeolit dan arang aktif.
3. Pembuatan filter dengan media zeolit dan arang aktif dilakukan pada skala laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan.
4. Waktu penelitian akan dilaksanakan pada awal September hingga Nopember 2017.
5. Parameter air baku limbah domestik yang ditinjau untuk dibandingkan dengan baku mutu limbah domestik (Permen LH No. 68 Tahun 2016) adalah TSS, BOD, COD, N dan P.
6. Parameter air hasil olahan yang akan dibandingkan dengan baku mutu air bersih (Permenkes RI No. 32 Tahun 2017) adalah TDS, N, P, dan kandungan zat



organik, serta nilai TSS sebagai parameter tambahan.

7. Variabel yang akan diukur, yakni:

- Variabel komposisi media
  - Perbandingan antara zeolit dan arang aktif adalah 75% : 25%
  - Perbandingan antara zeolit dan arang aktif adalah 50% : 50%
  - Perbandingan antara zeolit dan arang aktif adalah 25% : 75%
- Variabel dosis EM4
  - 0% dari total debit air olahan
  - 5% dari total debit air olahan
  - 10% dari total debit air olahan

Untuk alasan pemilihan setiap parameter dapat dilihat pada Bab III.

### 1.5 Manfaat

1. Setelah diolah, air limbah domestik yang ada dapat dimanfaatkan oleh masyarakat Perumahan Bhaskara Jaya menjadi air bersih untuk mengurangi pemakaian air dari PDAM yang digunakan bagi pemenuhan kebutuhan air bersih sehari-hari, yakni untuk keperluan pemeliharaan kebersihan, tidak untuk air minum.
2. Memperoleh pengolahan yang cocok untuk pengolahan air limbah perumahan (domestik) khususnya pada Perumahan Bhaskara Jaya sehingga *effluent* air yang dihasilkan dapat memenuhi baku mutu air bersih menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 dengan air peruntukan untuk Higiene dan Sanitasi.
3. Mendapatkan nilai efisiensi yang optimal penurunan nilai parameter TSS, TDS, kandungan zat organik, N dan P dalam air limbah domestik dari proses aerasi dengan EM4, proses pengendapan, dan proses filtrasi dengan media zeolit dan arang aktif.

**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Limbah Domestik**

Air limbah adalah cairan buangan dari rumah tangga, industri maupun tempat-tempat umum lain yang mengandung bahan-bahan yang dapat membahayakan kehidupan manusia maupun makhluk hidup lain serta mengganggu kelestarian lingkungan (Metcalf dan Eddy, 1993). Secara lebih singkat, Hindarko (2003) menyatakan bahwa air limbah adalah air yang tersisa setelah makhluk hidup melakukan suatu aktivitas. Sedangkan, menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, pada ayat 14 disebutkan bahwa air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Dalam Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik disebutkan pada Pasal 1 ayat 1, bahwa air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (*restaurant*), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama.

Komposisi limbah cair sebagian besar merupakan air, sisanya adalah partikel-partikel dari padatan terlarut (*dissolved solids*) dan partikel padat tidak terlarut (*suspended solids*). Limbah cair perkotaan mengandung lebih dari 99,9% cairan dan 0,1% padatan. Padatan dalam limbah cair ini terdiri dari padatan organik dan non-organik. Zat organik terdiri dari protein (65%), karbohidrat (25%) dan lemak (10%). Sedangkan padatan non-organik terdiri dari grit, garam-garam dan logam berat, zat ini merupakan bahan pencemar utama bagi lingkungan (Sugiharto, 1987). Zat-zat tersebutlah yang memberi ciri kualitas air buangan dalam sifat fisik, kimiawi maupun biologis.

Karakteristik limbah cair domestik, baik secara fisik, kimia maupun biologis, adalah sebagai berikut:

a. Karakteristik fisik limbah cair

Karakteristik awal limbah cair yang sangat mudah terlihat dengan mata telanjang adalah karakteristik fisik limbah cair. Penentuan derajat pencemaran air limbah juga sangat mudah terlihat dari karakteristik fisiknya. Salah satu hal yang

mempengaruhi karakteristik fisik ini adalah aktivitas penguraian bahan-bahan organik pada air buangan oleh mikroorganisme. Penguraian ini akan menyebabkan kekeruhan. Selain itu, kekeruhan juga dapat terjadi akibat lumpur, tanah liat, zat koloid dan partikel-partikel terapung yang tidak segera mengendap.

Penguraian bahan-bahan organik juga menimbulkan terbentuknya warna. Selain itu, penguraian bahan-bahan organik yang tidak sempurna dan menyebabkannya menjadi busuk dapat menimbulkan bau. Beberapa karakteristik fisik yang penting dalam limbah cair, antara lain warna, bau adanya endapan atau zat tersuspensi dari lumpur limbah dan temperatur.

b. Karakteristik Biologis limbah cair

Karakteristik biologis limbah cair pada umumnya dipengaruhi oleh kandungan mikroorganisme dalam limbah cair tersebut. Karakteristik biologis terdiri dari mikroorganisme yang terdapat di dalam air limbah, seperti bakteri, virus, jamur, ganggang, dan protozoa. Mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan-bahan organik di dalam limbah cair domestik, antara lain bakteri, jamur, protozoa dan algae. Bakteri adalah mikroorganisme bersel satu yang menggunakan bahan organik dan anorganik sebagai makanannya. Bakteri yang memerlukan oksigen untuk mengoksidasi bahan organik disebut bakteri aerob, sedangkan yang tidak memerlukan oksigen disebut bakteri anaerob (Sugiharto, 1987). Selanjutnya, bahan-bahan organik dalam air terdiri dari berbagai macam senyawa, sehingga dapat dikatakan bahwa dalam air limbah terdapat kandungan bahan organik dan anorganik yang berbahaya ataupun beracun.

c. Karakteristik kimia limbah cair

Karakteristik limbah cair dipengaruhi oleh kandungan bahan kimia dalam limbah cair. Karakteristik kimia limbah cair adalah protein (mengandung karbon, hidrogen, dan oksigen serta pembentuk sel dan inti sel), karbohidrat (gula, pati, selulosa, dan benang-benang kayu yang terdiri dari unsur C, H, dan O), minyak yang ada disini adalah minyak yang bersifat cair, deterjen, dan phenol yang mempunyai sifat larut dalam air.

## **2.2 Parameter Pencemar Air Limbah Domestik**

### **2.2.1 Chemical Oxygen Demand (COD)**

COD Merupakan jumlah kebutuhan oksigen dalam air untuk proses reaksi secara kimia guna menguraikan unsur pencemar yang ada. COD dinyatakan dalam ppm (*part per milion*) atau mLO/Liter (Metcalf 2003). Kebutuhan oksigen kimia atau COD adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah organik yang ada di dalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Angka COD merupakan ukuran pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasi melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Nilai COD digunakan secara luas sebagai suatu ukuran bagi pencemaran, baik limbah cair domestik maupun industri (Santoso, 2014). Pada tes uji COD, sebagian besar zat organik dioksidasi oleh  $K_2Cr_2O_7$  dalam keadaan asam yang mendidih optimum. Perak sulfat ( $Ag_2SO_4$ ) ditambahkan sebagai katalisator untuk mempercepat reaksi. Sedangkan merkuri sulfat ditambahkan untuk menghilangkan gangguan klorida yang pada umumnya ada di dalam air limbah. Untuk memastikan bahwa hampir semua zat organik habis teroksidasi, maka zat pengoksidasi  $K_2Cr_2O_7$  masih harus tersisa setelah direfluks.  $K_2Cr_2O_7$  yang tersisa menentukan berapa besar oksigen yang telah terpakai (Alaerts dan Santika, 1987).

### **2.2.2 Biochemical Oxygen Demand (BOD)**

Kebutuhan Oksigen Biokimia atau BOD adalah ukuran kandungan bahan organik dalam limbah cair. BOD ditentukan dengan mengukur jumlah oksigen yang diserap oleh sampel limbah cair akibat adanya mikroorganisme selama satu periode waktu tertentu, yang biasanya adalah 5 hari. Nilai  $BOD_5$  biasa digunakan untuk menentukan beban pencemaran organik akibat air limbah domestik atau industri (Santoso, 2014). Temperatur dalam pengukuran BOD umumnya 20 derajat Celcius. Nilai BOD merupakan jumlah oksigen yang digunakan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air limbah. Penurunan nilai BOD terjadi karena adanya menurunnya jumlah bahan organik dan menurunnya jumlah bakteri yang menguraikan bahan organik dalam limbah menjadi CO dan amoniak karena

kekurangan bahan organik sebagai sumber substrat. Dengan kata lain, nilai BOD dapat turun karena proses dekomposisi bahan organik (substrat) yang terkandung dalam air limbah domestik berlangsung secara terus menerus (Romayanto dkk., 2006).

### **2.2.3 Total Suspended Solids (TSS)**

Bahan padat tersuspensi adalah bahan padat yang dapat dihilangkan pada proses filtrasi melalui media standar halus dengan diameter satu mikron. Bahan padat tersuspensi dikelompokkan lagi dalam bahan padat tetap (*fixed solids*) dan yang dapat menguap (*volatile solids*). Bahan padat yang menguap merupakan bahan padat yang bersifat organik yang diharapkan dapat dihilangkan melalui penguraian secara biologis (*biological degradation*) atau dengan pembakaran. Bahan padat tersuspensi selanjutnya dikelompokkan lagi berdasarkan sifat dan kemampuan pengendapannya. Bahan padat yang dapat diendapkan secara normal dapat dihilangkan dalam proses sedimentasi. Bahan padat yang tidak dapat mengendap memerlukan perlakuan tambahan, baik secara kimia maupun biologis untuk menghilangkannya dari kandungan limbah cair. TSS adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan ini terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari sedimen, seperti bahan organik yang terkandung dalam air limbah (Romayanto dkk., 2006). Semakin banyak bahan organik yang terurai oleh aktivitas bakteri, maka kualitas limbah cair semakin baik.

### **2.2.4 Total Dissolved Solids (TDS)**

Kelarutan zat padat dalam air atau disebut sebagai *Total Dissolved Solid* (TDS) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air. Sebagai contoh adalah air permukaan apabila diamati setelah turun hujan akan mengakibatkan air sungai maupun kolam kelihatan keruh yang disebabkan oleh larutnya partikel tersuspensi didalam air, sedangkan pada musim kemarau air kelihatan berwarna hijau

karena adanya ganggang di dalam air. Konsentrasi kelarutan zat padat ini dalam keadaan normal sangat rendah, sehingga tidak kelihatan oleh mata telanjang (Situmorang, 2007). Selain itu, Nicola (2015) menyatakan Padatan Terlarut Total (*Total Dissolved Solid* atau TDS) adalah bahan-bahan terlarut (diameter  $10^{-6}$  mm) dan koloid (diameter  $10^{-6} - 10^{-3}$  mm) yang berupa senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain, yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45  $\mu$ m.

#### **2.2.5 DO (Dissolved Oxygen)**

Oksigen terlarut (*dissolved oxygen* atau DO) sering disebut dengan kebutuhan oksigen (*oxygen demand*) adalah merupakan salah satu parameter penting dalam menganalisis kualitas air. Nilai DO yang diukur biasanya dalam bentuk konsentrasi yang menunjukkan jumlah oksigen yang tersedia dalam suatu badan air. Semakin besar nilai DO pada air, mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar. Pengukuran DO juga bertujuan melihat sejauh mana badan air mampu menampung biota air seperti ikan dan mikroorganisme. Selain itu, kemampuan air untuk membersihkan pencemaran juga ditentukan oleh banyaknya oksigen dalam air. Oksigen yang berada di dalam air, memainkan peranan dalam menguraikan komponen-komponen kimia menjadi komponen yang lebih sederhana. Oksigen juga memiliki kemampuan untuk beroksidasi dengan zat pencemar seperti: komponen organik sehingga zat pencemar tersebut tidak membahayakan. Proses aerobik akan berjalan dengan baik jika konsentrasi oksigen terlarut minimum lebih besar dari 1 mg/L (Benefield dan Randal, 1980 *dalam* Kementrian Kesehatan RI, 2011).

#### **2.2.6 pH dan Bau**

Bau dapat dijadikan suatu petunjuk apakah air limbah tersebut masih baru atau sudah lama. Air limbah yang masih baru masih berbau seperti tahu dan akan menjadi berbau asam setelah berumur lebih dari satu hari, selanjutnya akan berbau busuk. Bau tersebut berasal dari bau hidrogen sulfida dan amoniak yang berasal dari proses pembusukan protein serta

bahan organik lainnya. Sedangkan perubahan pH pada air limbah menunjukkan bahwa telah terjadi aktivitas mikroba yang mengubah bahan organik mudah terurai menjadi asam. Selain itu, rangkaian reaksi yang terjadi pada air limbah, jika terjadi dalam keadaan anaerob dapat menghasilkan gas metana yang juga berperan dalam penghasil bau (Suwarso dkk., 1997)

### **2.2.7 Temperatur**

Temperatur bukan hanya dapat mempengaruhi aktifitas metabolisme populasi mikroorganisme, akan tetapi juga akan mempengaruhi beberapa faktor seperti kecepatan transfer gas, dan karakteristik pengendapan lumpur. Temperatur optimum untuk mikroorganisme dalam proses aerob dan tidak berbeda dengan proses anaerob. Temperatur optimum untuk proses aerobik berkisar antara 30-36 derajat celcius (Kementrian Kesehatan RI, 2011).

### **2.2.8 Nitrat dan Fosfat**

Nitrat merupakan bentuk nitrogen yang berperan sebagai nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman air. Nitrat sangat mudah larut dalam air dan memiliki sifat yang relatif stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi yang sempurna di perairan. Pada dasarnya, nitrat merupakan sumber utama nitrogen di perairan, akan tetapi tumbuhan lebih menyukai amonia untuk digunakan dalam proses pertumbuhan. Kadar nitrat di perairan yang tidak tercemar biasanya lebih tinggi daripada kadar amonium. Kadar nitrat lebih dari 5mg/L menggambarkan suatu perairan yang sudah tercemar akibat aktivitas manusia dan tinja hewan. Kadar nitrogen yang lebih dari 0,2 mg/L menggambarkan terjadinya eutrofikasi perairan.

Terdapat beberapa penelitian yang membahas sistem aerasi menggunakan filter biologis sehubungan dengan removal nitrogen oleh proses denitrifikasi. Perbandingan antara karbon dan nitrogen (C/N) rasio air limbah mempengaruhi distribusi kedua populasi bakteri nitrifiers dan heterotrof dalam filter biologis. Namun demikian, efisiensi denitrifikasi yang cukup rendah karena C/N ratio rendah influen limbah. Karbon yang memadai harus tersedia dalam rangka untuk benar-benar bakteri



denitrifikasi nitrit terbentuk selama nitrifikasi di proses removal nitrogen.

Sumber fosfat yang ada didalam tanah berupa fosfat mineral, yaitu batu kapur fosfat, sisa-sisa tanaman dan bahan organik lainnya. Perubahan fosfor organik menjadi fosfor anorganik dilakukan oleh mikroorganisme. Selain itu, penyerapan fosfor juga dilakukan oleh liat dan silika. Fosfat anorganik maupun organik terdapat dalam tanah.

### **2.3 Proses Aerasi**

Aerasi merupakan salah satu proses dari transfer oksigen dari fase gas ke fase cair, dan fungsi aerasi dalam pengolahan air adalah untuk melarutkan oksigen ke dalam air yang kemudian meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air serta melepaskan kandungan gas-gas yang terlarut dalam air. Penguraian bahan pencemar dalam air limbah merupakan salah satu tujuan dari pengolahan limbah. Penambahan oksigen adalah salah satu upaya untuk mengurangi bahan pencemar tersebut sehingga konsentrasinya dalam air akan berkurang atau hilang sama sekali. Penambahan oksigen akan meningkatkan kenyamanan lingkungan dan kondisi air sehingga aktivitas mikroorganisme dapat berlangsung dengan baik. Selain itu sirkulasi oksigen yang baik akan mencegah pengendapan dalam air yang dapat menyebabkan timbulnya kondisi anaerob. Terdapat beberapa prinsip dasar alat aerasi yaitu:

1. Aerator Air Terjun umumnya terdiri dari :

a.. Aerator Spray

Air dipaksa masuk melalui nozzle , seperti pada air mancur.

b. Aerator Cascade

Air disebarkan dengan cara mengalirkan pada lempengan tipis yang disusun seperti tangga atau sekat agar terjadi turbulensi untuk mencampur udara yang terabsorpsi dalam cairan dan agar cairan terangkat ke permukaan sehingga terjadi kontak dengan udara.

c. Aerator Multiple-Tray

Air dialirkan ke bagian atas dari beberapa tahap tray yang berisi butiran medium seperti arang batu atau butiran

keramik. Air teraerasi saat mengalir melalui medium yang ada pada tray, dan kemudian cairan jatuh dari tray

## 2. Sistem Aerasi Difusi Udara

Udara dimasukkan ke dalam cairan yang akan diaerasi dalam bentuk gelembung-gelembung yang naik melalui cairan tersebut. Ukuran gelembung bervariasi dari yang besar hingga yang halus, tergantung pada alat aerasinya. Alat aerasi yang umum adalah diffuser porous, diffuser non-porous dan diffuser U-tube.

## 4. Aerator Mekanik

Udara dihasilkan dengan cara memecah permukaan air limbah secara mekanik. Dengan timbulnya interface cairan-udara yang besar, maka terjadi perpindahan oksigen dari atmosfer ke dalam air. Pada sistem ini digunakan turbin system hybrid yang melibatkan impeller dan sumber udara. Udara yang keluar dan bagian bawah impeller, dipecah menjadi gelembung yang halus dan merembes keseluruh tangki akibat gerakan pompa pada impeller. Pada pengolahan air limbah proses aerasi diterapkan untuk menghilangkan senyawa organik dan non organik yang volatile, memberikan oksigen untuk proses biologi, dan meningkatkan kandungan oksigen pada air yang diolah.

### 2.3.1 Sistem Aerasi Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah

Sistem aerasi digunakan dengan maksud untuk meningkatkan proses pengolahan menjadi lebih cepat sekaligus meniadakan bau yang mungkin timbul akibat proses oksidasi yang tidak sempurna. Pada proses aerasi terjadi proses yaitu proses reduksi BOD (Biological Oxygen Demand) dan COD (Chemical Oxygen Demand) secara aerob, digunakan aerator sebagai penghasil oksigen yaitu dengan cara menempatkan aerator di dalam kolam aerasi sehingga menghasilkan oksigen berupa buih udara yang tercampur dengan air. Pada penelitian kali ini, digunakan *diffused aeration* atau aerasi terdifusi.



Gambar 2. 1 Aerasi Terdifusi

Proses aerasi sangat penting terutama pada pengolahan limbah yang proses pengolahan biologinya memanfaatkan bakteri aerob. Bakteri aerob adalah kelompok bakteri yang memerlukan oksigen bebas untuk proses metabolismenya. Dengan tersedianya oksigen yang mencukupi selama proses biologi, maka bakteri-bakteri tersebut dapat bekerja dengan optimal. Hal ini akan bermanfaat dalam penurunan konsentrasi zat organik di dalam air limbah. Selain diperlukan untuk proses metabolisme bakteri aerob, kehadiran oksigen juga bermanfaat untuk proses oksidasi senyawa-senyawa kimia di dalam air limbah serta untuk menghilangkan bau.

Tujuan proses aerasi adalah mengontakkan semaksimal mungkin permukaan cairan dengan udara guna menaikkan jumlah oksigen yang terlarut di dalam air buangan sehingga berguna bagi kehidupan mikroorganisme. Agar perpindahan sesuatu zat atau komponen dari satu medium ke medium yang lain berlangsung lebih efisien, maka yang terpenting adalah terjadinya turbulensi antara cairan dengan udara, sehingga tidak terjadi interface yang stagnan diantara cairan dan udara yang dapat menyebabkan laju perpindahan terhenti.

Pada prosesnya, aerasi dapat dibagi menjadi *step aeration* dan *extended aeration*. Menurut Tchobanoglous (2003), sistem *extended aeration* termasuk dalam proses pertumbuhan biomassa tersuspensi. Pada proses pertumbuhan biomassa tersuspensi, mikroorganisme bertanggungjawab atas kelangsungan jalannya proses dalam kondisi *liquid* dengan metode pengadukan yang tepat. Menurut Reynolds (1996), proses *extended aeration* hampir sama dengan proses konvensional *plug-flow*, hanya saja *extended aeration* beroperasi dalam fase respirasi endogenous pada kurva pertumbuhan, yang membutuhkan beban organik yang rendah, dengan waktu aerasi yang lebih lama.

## **2.4 EM4 (Effective Microorganism 4)**

*Effective Microorganisms* (EM) dikembangkan pertama kali pada tahun 1970 di Jepang. Teknologi ini berbasis pada pencampuran berbagai macam mikroba dalam suatu berlapis-lapis layer, untuk kemudian dipilihlah mikroba yang paling umum ditemukan di setiap ekosistem. Menurut Massoud dan Rashed

(2014), EM adalah kumpulan dari bakteri aerobik dan anaerobik yang dapat menguntungkan. Spesies yang paling banyak ditemukan dalam EM diantaranya bakteri asam laktat, bakteri fotosintetik, ragi, *actinomyces* dan jamur fermentasi. Sedangkan, EM4 pada pengolahan limbah merupakan kultur EM dalam bidang mikrobiologi daur ulang limbah untuk memfermentasi limbah organik cair dan padat secara efektif.

## **2.5 Proses Aerasi Dengan Memanfaatkan EM4**

Kegiatan dalam pengolahan air limbah akan menghasilkan lumpur aktif (*activated sludge*) yakni pertumbuhan mikrobakteri suspensi. Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O, NH<sub>4</sub>, dan sel biomassa baru. Lumpur ini biasanya terjadi pada pengolahan air limbah. Proses ini menggunakan udara yang disalurkan melalui pompa blower (*diffused*) atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangki penjernihan. Kemampuan bakteri dalam membentuk flok menentukan keberhasilan pengolahan limbah secara biologis, karena akan memudahkan pemisahan partikel dan air limbah.

Effective microorganism 4 (EM4) merupakan kultur campuran dari mikroorganisme fermentasi (peragian) dan sintetik (penggabungan) yang bekerja secara sinergis (saling menunjang) untuk memfermentasi bahan organik. Bahan organik tersebut dapat berupa sampah, kotoran ternak, rumput dan daun-daunan. Menurut Razif (2001), pengolahan dengan menggunakan bakteri aerobik yang diberi aerasi bertujuan untuk menurunkan karbon organik atau nitrogen organik. Dalam hal menurunkan karbon organik, bakteri yang berperan adalah bakteri heterotrof. Gambar dan jenis EM4 dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 EM4 Pengolah Limbah

## 2.6 Proses Pengendapan

Proses pengendapan berfungsi untuk mengendapkan partikel-partikel flokulen yang terbentuk dari proses aerasi. Partikel flokulen adalah partikel yang selama proses pengendapan mengalami perubahan bentuk, ukuran, dan densitas. Perubahan ini terjadi karena partikel flokulen yang berasal dari proses biologis saling berdekatan dan membentuk partikel-partikel yang lebih besar dari keadaan awalnya.

Pada bak sedimentasi, pengendapan partikel flokulen berlangsung secara gravitasi. Untuk menghindari pecahnya flok saat pengendapan, maka aliran air harus laminar ( $N_{Re} < 2000$ ). Aliran air yang masuk pada inlet diatur sedemikian rupa sehingga tidak mengganggu pengendapan. Efisiensi pengendapan menentukan pembebanan filter, periode pencucian filter, dan kualitas efluen filter.

## 2.7 Proses Filtrasi

Filtrasi adalah suatu proses pemisahan zat padat dari fluidanya dengan bantuan media berpori atau bahan berpori lain. Selain filtrasi bermanfaat untuk memisahkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid, juga dapat

mereduksi kandungan bakteri, menghilangkan warna, bau, besi, dan mangan (Masduqi dan Assomadi, 2012)

Menurut Reynolds (1996), proses filtrasi merupakan pemisahan padatan dan cairan, dengan mengalirkan air melalui media berpori guna memisahkan zat padat tersuspensi halus yang ada. Teori lain yang mendukung adalah teori dari Huisman (1974), yang menyatakan bahwa filtrasi adalah proses perbaikan, dimana air diolah melewati suatu substansi berpori. Dan selama proses filtrasi berlangsung kualitas air akan berubah akibat terpisahnya bahan tersuspensi dan koloid, tereduksi jumlah bakteri dan organisme lain serta terjadinya perubahan dalam jumlah kandungan zat kimia yang terkandung di dalamnya.

Menurut Huisman (1974), mekanisme dalam proses filtrasi adalah:

a. *Mechanical Straining/Screening*

adalah proses penyaringan partikel tersuspensi lolos melalui lubang diantara butiran media pasir. Pada umumnya proses ini berlaku bagi partikel yang berukuran setidaknya 100  $\mu\text{m}$ .

b. Sedimentasi

Merupakan proses pemisahan antara padatan tersuspensi dan cair secara gravitasi

c. Difusi

Merupakan gerak acak dari partikel yang disebabkan molekul sekelilingnya,

d. Adsorpsi

Adsorpsi mampu menghilangkan partikel yang lebih kecil dari partikel tersuspensi seperti partikel koloid dan molekul kotoran terlarut yang berasal dari bahan anorganik maupun organik yang terendapkan. Adsorpsi disebabkan oleh daya tarik menarik antar molekul apabila zat tersebut bersentuhan.

e. Aktivitas Kimia

Di dalam filter terdapat aktivitas kimia, dimana senyawa yang terkandung pecah menjadi lebih sederhana dan tidak berbahaya.

f. Aktivitas Biologis

Aktivitas ini disebabkan oleh mikroorganisme yang hidup di dalam media filter. Secara alamiah mikroorganisme terdapat

di dalam air tertahan oleh butiran filter. Mikroorganisme ini berkembang biak pada media filter, dan dengan sumber makanan yang berasal dari bahan organik dan inorganik yang mengendap pada butiran media filter.

### **2.7.1 Beban Hidrolik dan Organik pada Proses Filtrasi**

- **Beban Hidrolik**

Beban hidrolik (*hydraulic loading*) digunakan untuk menjelaskan debit atau kapasitas pengolahan per satuan volume atau persatuan luas permukaan (filter bed). Sehingga dalam istilah ini dikenal dengan beban hidrolik permukaan (*surface hydraulic loading*) dan beban hidrolik volume (*volume hydraulic loading*).

- **Beban Organik**

Laju pengurangan zat organik dalam sistem pengolahan limbah secara biologis dikategorikan berdasar pada konsentrasi BOD yang ada didalam air limbah. Mekanisme penyisihan bahan organik pada *biofilter* hampir sama dengan mekanisme penyisihan pada proses lumpur aktif. Penyisihan material organik yang tersuspensi dan yang terlarut terjadi karena proses biosorpsi dan koagulasi pada aliran yang melewati media dengan cepat. Sedangkan pada aliran yang melewati media dengan waktu retensi yang lama, proses penyisihannya disebut dengan cara sintesa dan respirasi. Sedangkan waktu retensi sangat berhubungan dengan beban hidrolik. Semakin besar beban hidrolik, proses *biosorpsi* semakin besar pula. Sedangkan semakin kecil beban hidrolik, proses sintesa dan respirasi juga semakin kecil.

Selain itu, mekanisme kerja dari *biofilter* bergantung pada aktifitas metabolisme dari bakteri atau jamur. Koloni dari bakteri atau jamur menempati permukaan dari media dan membentuk semacam lapisan film yang juga terdiri dari populasi protozoa dan padatan yang berasal dari air. Alga juga bisa tumbuh pada media *biofilter* yang terkena cahaya. Populasi dari mikroorganisme juga biasanya ditemukan pada lapisan film. Komposisi dari populasi mikroorganisme bergantung pada sifat air limbah, tingkat pengolahan (*low rate* atau *high rate biofilter*) dan metode operasi dari *biofilter*. Karena itu, ukuran lapisan film dapat bervariasi

mulai dari lapisan bakteri yang tipis pada *biofilter* yang menerima air limbah dengan kandungan bahan organik yang rendah, sampai lapisan tebal dari jamur pada *biofilter* yang mengolah air limbah dengan bahan organik tinggi seperti pada air limbah industri.

Reaktor dengan pertumbuhan mikroorganisme melekat pada suatu media (*attached growth*) adalah merupakan salah satu jenis pengolahan air limbah yang paling awal digunakan. Lekatan ini biasa disebut dengan *biofilm*. *Biofilm* didefinisikan sebagai material organik terdiri dari mikroorganisme terlekat pada matriks polimer (materi polimer ekstraseluler) yang dibuat oleh mikroorganisme itu sendiri, dengan ketebalan lapisan *biofilm* berkisar antara 100 µm-10 mm yang secara fisik dan mikrobiologis sangat kompleks. Terbentuknya *biofilm* adalah karena mikroorganisme cenderung menciptakan lingkungan mikro. Komposisi *biofilm* terdiri dari sel-sel mikroorganisme, produk ekstraseluler, detritus, polisakarida, dan air dengan kandungan sampai 97%. Adapun bahan-bahan pembentuk lapisan *biofilm* yang lain adalah protein, lipid, dan lektin, dan struktur dari suatu *biofilm* bentuknya tergantung dari lingkungan.

Proses degradasi bahan organik secara aerobik pada *biofilm* tidak jauh berbeda dengan mikroorganisme tersuspensi. Degradasi substrat terjadi akibat konsumsi substrat dan nutrisi oleh mikroorganisme pada *biofilm*, dengan menggunakan oksigen sebagai elektron akseptor apabila proses berjalan secara aerobik. Oleh karena melalui lapisan *biofilm*, maka konsentrasi substrat terbesar berada pada permukaan *biofilm*. Pertumbuhan *biofilm* sangat tergantung pada jenis mikroorganisme yang tumbuh pada permukaan media, dan jenis media yang digunakan. Dan secara umum ada 3 fase di dalam daur hidup *biofilm*. Fase tersebut adalah pelekatan *biofilm* pada media, fase pertumbuhan dan fase pelepasan *detachment*.

### 2.7.2 Hidrolika Filtrasi

Debit hasil filtrasi pada penelitian ini dihitung menggunakan persamaan 2.1

$$Q = V_f \cdot A \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:



$Q$  = Debit filtrasi (L/jam)  
 $V_f$  = kecepatan filtrasi ( m/jam)  
 $A$  = Luas penampang reaktor ( $m^2$ )

Pada prinsipnya, aliran pada media berbutir (filter pasir) dianggap sebagai aliran dalam pipa berjumlah banyak. Kehilangan tekanan dalam pipa akibat gesekan aliran mengikuti persamaan Darcy-Weisbach pada Persamaan 2.2

$$h_L = f \frac{LV^2}{D_c \cdot 2g} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

$h_L$  = kehilangan tekanan akibat gesekan (m)  
 $f$  = koefisien kekasaran  
 $L$  = panjang pipa (m)  
 $V$  = kecepatan aliran (meter/detik)  
 $D_c$  = diameter pipa (m)

Dari rumus Darcy-Weisbach untuk  $f' = \frac{3}{4} f$ , diperoleh persamaan Carman-Kozeny pada Persamaan 2.3

$$h_L = f' \frac{L}{\psi d} \left( \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{V_a^2}{g} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

$f'$  = fungsi  $N_{re}$   
 $\psi$  = faktor bentuk  
 $d$  = diameter media (m)  
 $\varepsilon$  = porositas media  
 $V_a$  = debit/luas permukaan (m/detik)  
 $g$  = kecepatan gravitasi ( $m/detik^2$ )

Dimana nilai  $f'$  merupakan fungsi  $N_{re}$  pada Persamaan 2.4

$$f' = 150 \left( \frac{1-\varepsilon}{N_{re}} \right) + 1,75 \dots\dots\dots (2.4)$$

Bilangan Reynolds merupakan turunan dari fungsi diameter dan kecepatan aliran. Besaran bilangan Reynolds dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kecepatan fluida, viskositas absolut fluida dinamis,

viskositas kinematik fluida, dan kecepatan dari fluida. Nilai bilangan Reynolds akan menentukan aliran fluida, baik

berupa laminar atau aliran turbulen. Bilangan Reynolds dapat dihitung dengan rumus Persamaan 2.5

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot d \cdot V_a}{\mu} = \frac{\rho \cdot d \cdot V_a}{\mu} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

- $\rho$  = berat jenis(kg/m<sup>3</sup>)
- $\mu$  = viskositas kinematis (m<sup>2</sup>/detik)
- $\mu$  = viskositas dinamis (N.detik/m<sup>2</sup>)

Selain persamaan Carman-Kozeny diatas, terdapat persamaan empiris untuk menghitung kehilangan tekanan pada media filter, yaitu Persamaan Rose yang dapat dilihat pada Persamaan 2.6

$$h_L = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_a^2}{\rho \cdot d \cdot g \cdot \epsilon^4} \dots \dots \dots (2.6)$$

$C_D$  adalah koefisien Drag yang besarnya tergantung pada bilangan Reynolds (Persamaan 2.5). Nilai  $C_D$  dihitung sebagai berikut:

- Untuk  $N_{Re} < 1$   $C_D = \frac{24}{N_{Re}}$
- Untuk  $1 < N_{Re} < 10^4$   $C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0,34$
- Untuk  $N_{Re} > 10^4$   $C_D = 24$

## 2.8 Zeolit



Gambar 2. 3 Zeolit Alam

Zeolit (Gambar 2.3) adalah mineral dengan struktur kristal aluminasilikat yang berbentuk rangka tiga dimensi, mempunyai rongga dan saluran serta mengandung ion-ion logam seperti Na, K, Mg, Ca, dan Fe serta molekul air (Togar, 2012). Sedangkan menurut Kusumastuti (2010) zeolit adalah mineral aluminosilikat terhidrasi dengan unsur utama terdiri dari kation alkali dan alkali tanah dan memiliki pori-pori yang dapat diisi oleh molekul air. Zeolit alam telah banyak digunakan untuk berbagai pengolahan air limbah. Zeolit memiliki karakteristik kimia dan fisika yang unik. Struktur pori zeolit alam beragam, memiliki ketahanan termal dan kekuatan mekanisme serapannya yang baik, serta tahan terhadap lingkungan kimia yang ekstrim. Struktur pori zeolit yang berbeda-beda membuat zeolit banyak digunakan untuk pemisahan berbagai molekul kecil (Shan dkk., 2004).

Atom silikon yang terdapat pada struktur zeolit dikelilingi oleh empat atom yang membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur. Atom silikon yang terdapat di beberapa tempat di jaringan tersebut digantikan dengan atom aluminium yang hanya terkoordinasi dengan 3 atom oksigen. Atom aluminium ini hanya memiliki muatan  $3^+$  sedangkan atom silikon memiliki muatan  $4^+$ . Adanya atom aluminium ini yang akan menyebabkan zeolit memiliki muatan negatif (Hartini, 2011).

Menurut Purwonugroho (2013) muatan negatif inilah yang menyebabkan zeolit mampu mengikat kation-kation pada air. Zeolit memiliki sifat yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi karena keunikan sifat fisik dan kimianya, diantaranya kemampuan dalam pertukaran ion (*ion exchange*) dan juga selektivitas penyerapan yang tinggi. Dengan melewati atau mengalirkan air baku pada filter zeolit, kation akan diikat oleh zeolit yang memiliki muatan negatif. Selain itu, zeolit juga muda melepaskan kation dan digantikan dengan kation lainnya. Contoh pemanfaatan zeolit adalah sebagai adsorben, katalis, penukar ion dan membran. Zeolit sebagai adsorben adalah pengikatan

senyawa dan molekul tertentu yang hanya terjadi di permukaan. Proses itu terjadi akibat adanya interaksi secara fisik oleh gaya *van der waals* dan interaksi kimia dengan adanya sifat elektrostatis (Ronaldo, 2008).

Sihombing (2007) menyatakan zeolit memiliki keterbatasan kemampuan dalam mengikat ion-ion dalam struktur rangkanya. Semakin lama kemampuan mengikat dan menukar ionnya semakin menurun, bahkan dapat mencapai tingkat kejenuhan. Jika hal ini terjadi, zeolit harus diregenerasi atau diaktivasi kembali.

Menurut Sihombing (2007), faktor-faktor yang mempengaruhi penyerapan pada zeolit adalah :

- a. Ukuran butir zeolit : efisiensi zeolit menurun dengan meningkatnya ukuran butiran.
- b. Kemurnian zeolit : efisiensi zeolit akan meningkat dengan semakin tingginya kemurnian.
- c. Ukuran molekul adsorbat : molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul yang diameternya lebih kecil dari diameter pori.
- d. Suhu dan tekanan : kapasitas adsorpsi turun dengan naiknya suhu dan akan naik dnegan naiknya tekanan.

## **2.9 Arang Aktif**

Arang aktif atau karbon aktif adalah material yang berbentuk bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya batubara dan tempurung kelapa. Adapun menurut Mifbakhuddin (2010) arang aktif atau karbon aktif adalah karbin yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, sengan demikian karbon aktif mempunyai daya serap yang tinggi. Keaktifan daya menyerap dari karbon aktif tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85% sampai 95% karbon bebas. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif (melakukan pemilihan), tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif

(Rahmadhani, 2014).

Adapun keuntungan dari pemakaian karbon aktif sebagai media filter adalah:

- Pengoperasian mudah karena air mengalir dalam media karbon.
- Proses berjalan cepat karena ukuran butir karbon relatif lebih besar.
- Karbon tidak tercampur dengan lumpur, sehingga dapat dilakukan regenerasi.

Secara Umum dalam pembuatan karbon aktif terdapat dua tingkatan proses yakni:

#### 1. Proses pengarangan (karbonisasi)

Proses pembentukan arang dari bahan baku. Karbonisasi yang sempurna dilakukan dengan pemanasan bahan baku tanpa adanya abu bara hingga temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Hasil yang diperoleh biasanya kurang aktif dan hanya memiliki luas permukaan beberapa meter persegi, sehingga karbon aktif dapat juga dibuat dengan cara lain yaitu dengan mengkarbonisasi bahan baku yang telah dicampur dengan garam dehidrasi atau zat yang dapat mencegah terbentuknya tar, misalnya ZnCl, MgCl, dan CaCl.

#### 2. Proses Aktivasi

Proses mengubah karbon yang mempunyai daya serap rendah menjadi daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori. Karbon diaktivasi dapat dilakukan melalui beberapa cara seperti menggunakan uap panas, gas karbondioksida atau penambahan bahan kimia sebagai aktivator. (Said, 2007)

Dilihat dari bentuk ukuran partikel karbon aktif dibagi menjadi dua jenis. Pertama, karbon aktif bubuk (*Powder Activated Carbon* disingkat PAC) dan karbon aktif butiran (*Granular Activated Carbon* disingkat GAC).

##### 1. Karbon Aktif Bubuk (*Powder Activated Carbon*)

Karbon aktif bubuk (Gambar 2.4a) memiliki ukuran partikel sekitar 50-75 mikron karena ukurannya yang kecil

sehingga pada penggunaannya sulit karena mudah terbang. Biasanya, dalam penggun PAC dapat dicampur dengan kandungan air sekitar 30-50%.

## 2. Karbon Aktif Butiran (*Granular Activated Carbon*)

Karbon aktif butiran (Gambar 2.4b) memiliki bentuk butiran tau kepingan dengan ukuran 0,16-1,5 mm yang cara penggunaannya lebih mudah (Said, 2007).



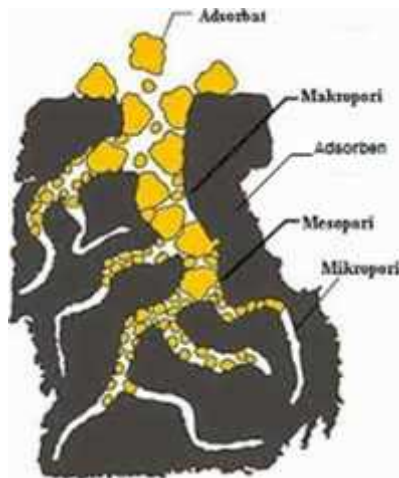
Gambar 2. 4 (a) Arang Aktif Bubuk; (b) Arang Aktif Butiran

Dalam pengolahan air, karbon aktif digunakan sebagai adsorben untuk menyisihkan rasa, bau ataupun warna. Pengoperasian proses adsorpsi berbeda antara karbon aktif berbentuk bubuk dan butiran. Karbon aktif bubuk biasanya dibubuhkan pada air yang diolah dan dimasukkan secara merata agar terjadi kontak, setelah itu diendapkan. Pada karbon aktif butiran, karbon aktif dijadikan media filter dalam sebuah kolom adsorpsi (Masduqi dan Assomadi, 2012).

### 2.10 Adsorpsi

Menurut Hardini (2011), adsorpsi adalah proses dimana satu atau lebih unsur-unsur pokok dari suatu larutan fluida akan lebih terkonsentrasi pada permukaan suatu padatan tertentu (adsorben). Adsorpsi melibatkan proses perpindahan massa dan menghasilkan kesetimbangan distribusi dari satu atau lebih larutan antara fasa cair dan partikel. Fasa penyerap disebut

adsorben. Proses adsorpsi dapat berlangsung jika suatu permukaan padatan dan molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul-molekul adsorben. Substansi yang terkonsentrasi pada permukaan didefinisikan sebagai adsorbat dan material dimana adsorbat terakumulasi didefinisikan sebagai adsorben. Adapun ilustrasi proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Ilustrasi Proses Adsorpsi

Padatan berpori yang menghisap dan melepaskan suatu fluida disebut adsorben. Molekul fluida yang dihisap tetapi tidak terakumulasi atau melekat ke permukaan adsorben disebut adsorptive, sedangkan yang terakumulasi disebut adsorbat. Jika fenomena adsorpsi disebabkan terutama oleh gaya *Van der Waals* dan gaya hidrostatis antara molekul adsorbat, maka atom yang membentuk permukaan adsorben tanpa adanya ikatan kimia disebut adsorpsi fisika atau fisik. Sedangkan jika terjadi interaksi secara kimia antara adsorbat dan adsorben, maka fenomena tersebut disebut adsorpsi kimia. Klasifikasi adsorpsi berdasarkan pola penyerapannya akan dijelaskan lebih lanjut.

Tingkat adsorpsi (*rate of adsorption*) menentukan waktu detensi yang dibutuhkan untuk pengolahan, dan ukuran atau

skala dari sistem adsorpsi yang akan diterapkan. Kinetika proses menggambarkan tahapan di mana molekul dipindahkan dari larutan ke pori-pori partikel adsorben. Berdasarkan pola penyerapannya, adsorpsi diklasifikasikan menjadi tiga jenis, diantaranya:

A. Adsorpsi fisik

Adsorpsi fisik dapat disebabkan oleh gaya van der Waals, dimana adsorpsi terjadi akibat gaya interaksi tarik-menarik antara molekul adsorben dengan molekul adsorbat. Adsorpsi ini cocok untuk proses adsorpsi yang membutuhkan proses regenerasi karena zat yang teradsorpsi tidak terlarut dalam adsorben tapi hanya sampai permukaan saja. Sebagai contoh adalah adsorpsi oleh karbon aktif. Karbon aktif memiliki sejumlah lubang kapiler pada partikel karbon dan permukaan yang dapat digunakan sebagai tempat proses adsorpsi termasuk permukaan pada pori dengan tambahan permukaan eksternal partikel. Jumlah pori-pori pada permukaan adsorben melebihi luas area partikel dan sebagian proses adsorpsi berlangsung pada bagian pori-pori. Hasil adsorpsi fisik terjadi dari kondensasi molekul di kapiler padat. Kapasitas serap karbon untuk sebuah zat terlarut juga akan tergantung pada karbon dan zat terlarutnya. ( Reynolds dan Richards, 1996).

B. Adsorpsi kimia

Adsorpsi kimia adalah adsorpsi yang terjadi akibat interaksi kimia antara molekul adsorben dengan molekul adsorbat. Proses ini pada umumnya menurunkan kapasitas dari adsorben karena gaya adhesinya yang kuat sehingga proses ini tidak reversible. Pada adsorpsi kimia, reaksi kimia terjadi antara adsorben dan larutan adsorbat, dan reaksi yang terjadi biasanya satu arah (irreversible). Hasil adsorpsi kimia dalam pembentukan lapisan monomolecular dari permukaan adsorbat melalui kemampuan sisa residu dari permukaan molekul.

C. Adsorpsi pertukaran (*ion exchange*)

Adsorpsi pertukaran merupakan proses adsorpsi yang terjadi dengan lebih banyak melibatkan gaya elektrostatis antara adsorben dengan adsorbat. Adsorpsi ini merupakan



suatu proses dimana menggunakan media yang tidak mudah larut untuk menghilangkan ion positif atau negatif dari suatu larutan elektrolit dan melepaskan ion-ion lain yang bermuatan sejenis dalam larutan tersebut dalam jumlah yang ekuivalen secara kimia (Jatmiko, 2005). Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi, diantaranya:

1. Sifat fisik dan kimia adsorben (luas permukaan, ukuran pori, dan komposisi kimia)
2. Sifat fisik dan kimia adsorbat (ukuran, kepolaran, dan komposisi kimia molekul)
3. Konsentrasi adsorbat dalam fasa cair
4. Karakteristik fasa cair (pH dan suhu)
5. Kondisi operasional adsorpsi

## 2.11 Kapasitas Adsorpsi

Reynolds dan Richards (1996), menyatakan bahwa ketika ada agitasi dan mixing antara larutan dan adsorbat maka konsentrasi larutan akan berkurang mencapai nilai *equilibrium*. Nilai *equilibrium* muncul pada 1-4 jam. Melalui test tersebut dapat ditemukan hubungan antara konsentrasi *equilibrium* ( $C_e$ ) dan jumlah kandungan organik yang di adsorp ( $x$ ) per unit massa karbon aktif ( $m$ ).

Menurut Yuliasni (2006) untuk menentukan kapasitas penyerapan biasanya digunakan model adsorpsi isotherm. Model adsorpsi ini berguna sekali untuk melihat daya akumulasi dari adsorben.

## 2.12 Pendekatan Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan tingkat perpindahan molekul dari larutan ke dalam pori-pori partikel adsorben. Persamaan pendekatan kinetika dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{C_0} = \frac{1}{1 + e^{\frac{K_1}{Q}(q_0 M - C_0 V)}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

- $C_e$  = Konsentrasi effluent air limbah (mg/L)  
 $C_0$  = Konsentrasi influent air limbah (mg/L)  
 $K_1$  = Konstanta kecepatan adsorpsi  
 $q_0$  = massa solute per massa adsorben mula-mula

(gram/gram)

M = Massa adsorben (gram)

V = Volume yang melawati kolom (liter)

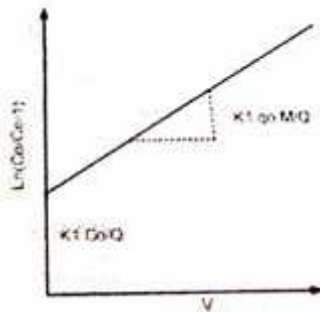
Q = Debit (liter/jam)

Dari persamaan diatas didapat persamaan-persamaan berikut:

$$\frac{C_o}{C_e} = 1 + e^{\frac{K_1(q_o.M - C_o.V)}{Q}} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$\ln \left( \frac{C_o}{C_e} - 1 \right) = \frac{K_1.q_o.M}{Q} - \frac{1.C_o.V}{Q} \dots\dots\dots(2.13)$$

Apabila persamaan terakhir di atas dinyatakan dalam bentuk grafik dengan persamaan  $y = ax + b$ , dengan sumbu y menyatakan nilai  $\ln(C_o/C_e - 1)$  dan sumbu x menyatakan nilai V (Volume), atau nilai  $C_o/C_e$  pada sumbu y dan sumbu x menyatakan nilai waktu dengan nilai slope (a) =  $k_1.C_o/Q$  dan nilai intersep (b) =  $(k_1.q_o.M/Q)$  seperti Gambar 2.5.



Gambar 2. 6 Grafik Pendekatan Kinetika Adsorpsi

Menurut Hardini (2011), kurva *breakthrough* dapat didefinisikan sebagai hubungan antara konsentrasi adsorbat pada effluen dengan waktu atau volume. Titik *breakthrough* adalah titik batas maksimum penyerapan adsorbat terhadap effluen tersebut. Kapasitas adsorpsi dipengaruhi oleh laju alir, temperatur dan tingkat keasaman.

Menurut Reynold dan Richards (1996) kurva

*breakthrough* menunjukkan hubungan antara konsentrasasi adsorbat pada waktu atau volume. Kurva *breakthrough* menggambarkan konsentrasasi zat terlarut dalam efluen pada sumbu y dan pada sumbu x menyatakan volume *throughput* efluen. Konsentrasasi *breakthrough*  $C_a = 0,05 C_o$ . Konsentrasasi *breakthrough* diperbolehkan untuk tidak harus berada pada titik ini. Titik jenuh terjadi apabila  $C = 0,95 C_o$ . Untuk mengatasi kondisi tersebut, maka perlu dilakukan regenerasi dengan pemanasan karbon aktif dalam *furnace*.

### 2.13 Pendekatan Kinetika Adsorpsi Model Thomas

Adsorpsi adalah suatu proses kompleks yang kerjanya didukung oleh beberapa variabel, salah satunya adalah kapasitas maksimum penyerapan dari media yang digunakan. Model kinetika Thomas adalah model kinetika yang dikembangkan untuk mengkaji proses adsorpsi heterogen dalam suatu sistem yang mengalir (Thomas, 1994). Model Thomas ini digunakan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dari media yang digunakan pada filter, yakni zeolit dan arang aktif. Perhitungan kapasitas adsorpsi pada kedua media akan dilakukan secara terpisah karena kedua media memiliki densitas yang berbeda.

Model adsorpsi Thomas dapat dirumuskan sebagai bentuk Persamaan 2.14

$$\ln \left( \frac{C_o}{C_t} - 1 \right) = \frac{k_{Th} q_o X}{v} - k_{Th} C_o t$$

Dimana:

$C_o$	= konsentrasi influent (mg/L)
$C_t$	= konsentrasi effluent (mg/L)
$K_{Th}$	= konstanta laju Thomas
$v$	= laju alir (ml/menit)
$q_o$	= kapasitas adsorpsi (mg/g)
$X$	= jumlah adsorben dalam kolom (g)

Nilai dari  $K_{Th}$  dan  $q_o$  dapat diperoleh dari plot  $\ln(C_o/C_t - 1)$  versus waktu dengan persamaan regresi

linear atau plot ( $C_t/C_0$ ) versus waktu dengan regresi non-linier, dimana nilai  $C_t/C_0$  berkisar 0,05-0,95.

## 2.14 Penelitian Terdahulu

Pada Tabel 2.1 merupakan beberapa penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini.

**Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu**

Sumber	Variabel	Parameter	Hasil
Aplikasi Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Terlapis Kitosan Sebagai Filter dalam Pengolahan Limbah Cair Sasirangan Setelah Koagulasi dengan PAC			
Nugraheni dkk. (2012)	Koagulasi dengan PAC	BOD, COD, TSS, pH	Pengenceran sampel pada saat sebelum memasuki filter dapat menaikkan efisiensi filter hingga 50%
	Pengenceran dan koagulasi dengan PAC		

Sumber	Variabel	Parameter	Hasil
Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) serta Pemanfaatannya			
Munawaroh dkk. (2013)	Tanpa penambahan EM4 EM4 300 mL (EM4 5%) EM4 600 mL (EM4 10%)	BOD <sub>5</sub> , COD, TSS, pH	Efisiensi penambahan dosis EM4 pada proses penyisihan bahan pencemar yakni BOD <sub>5</sub> , COD, TSS, pH yang paling besar yaitu dengan dosis EM4 sebanyak 5% dari total debit air olahan.

Sumber	Variabel	Parameter	Hasil
Pengolahan Limbah Cair Domestik untuk Penggunaan Ulang ( <i>Water Reuse</i> )			
Mulyana dkk. (2011)	Proses aerobik selama 1 hari + Filtrasi + UV Proses aerobik selama 2 hari + Filtrasi + UV Proses aerobik selama 3 hari + Filtrasi + UV	COD, TSS	Menurut Mulyana dkk. (2011) kondisi terbaik pengolahan limbah cair domestik yakni dengan proses pengolahan secara aerobik selama 3 hari dan dilanjutkan dengan filtrasi serta desinfeksi menggunakan sinar UV. Penurunan kadar COD mencapai 92% dan kadar TSS mencapai 99%

Sumber	Variabel	Parameter	Hasil
Perbedaan Efektivitas Filter Zeolit dan Karbon Aktif dalam Penurunan Kadar TSS ( <i>Total Suspended Solid</i> ) Limbah Cair Industri Tahu Industri Rumah Tangga			
Trianingsih (2013)	-	pH, suhu, TSS	Menurut Trianingsih (2013) media filter zeolit lebih efektif dalam menurunkan kadar TSS air limbah dibandingkan dengan media arang aktif dengan tingkat efektivitas zeolit adalah 74,11% sedangkan arang aktif adalah 59,11%

Sumber	Variabel	Parameter	Hasil
Efek PEG Terhadap Kapasitas Adsorpsi dan Tetapan Laju Thomas dalam Proses Adsorpsi Ion Cu(II) dari Larutan pada Komposit Selulosa-Khitosan Terikatsilang dengan Menggunakan Kolom Secara Kontinyu			
Santoso dan Juwono (2009)	Dosis penambahan <i>polietilen glikol (PEG)</i>	Kadar ion Cu(II)	Hasil analisa menyatakan bahwa peningkatan kapasitas adsorpsi berbanding terbalik dengan nilai tetapan laju Thomas.

Sumber: Penelitian-penelitian Terdahulu

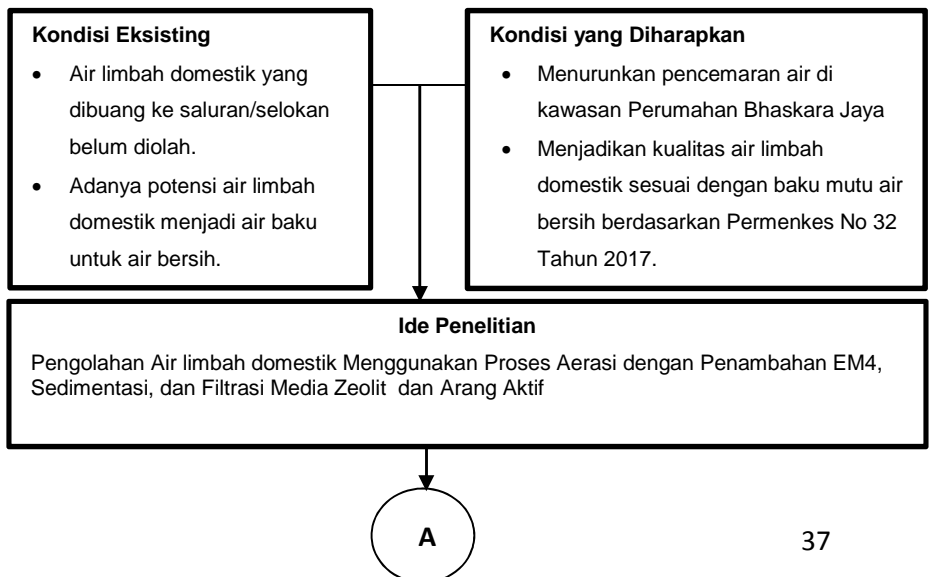


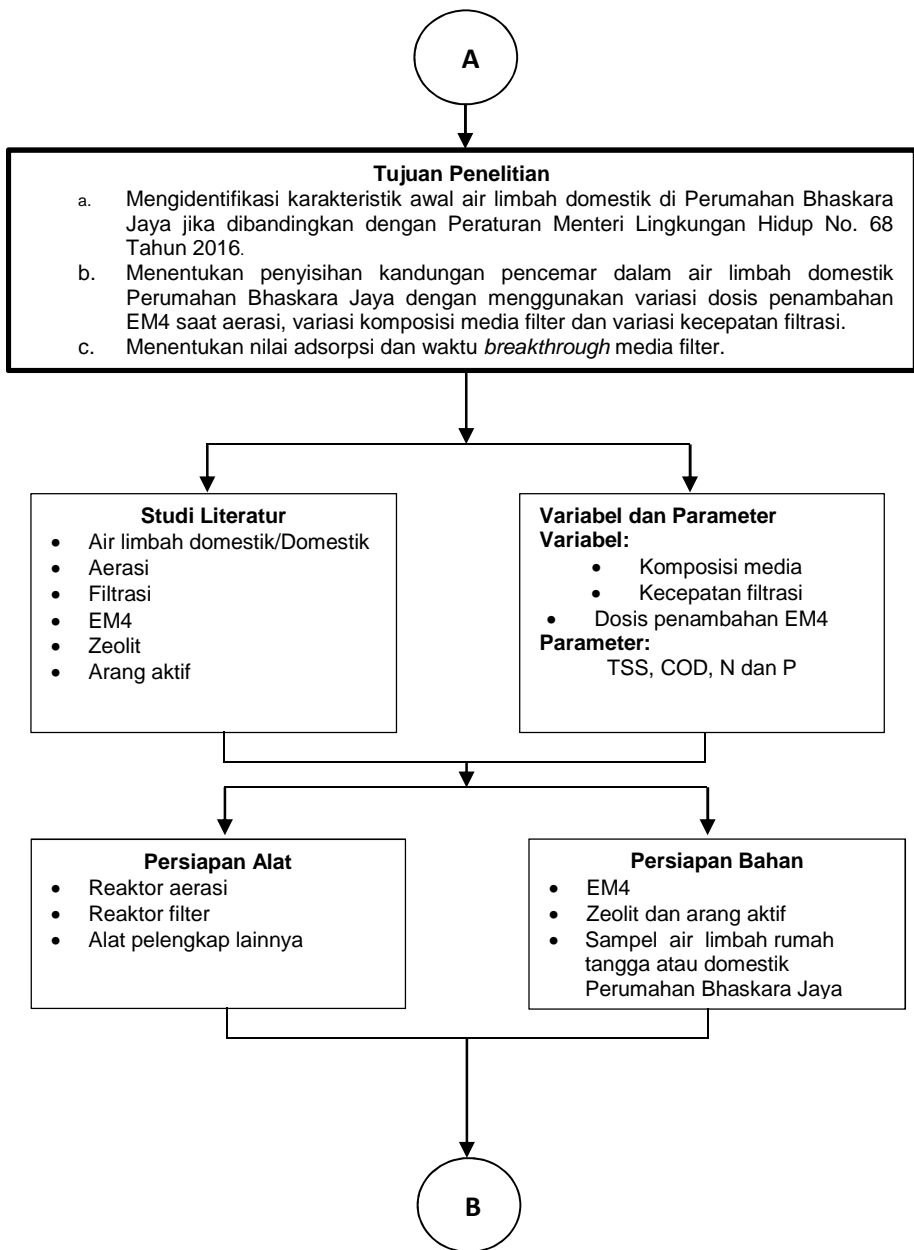
## BAB III METODE PENELITIAN

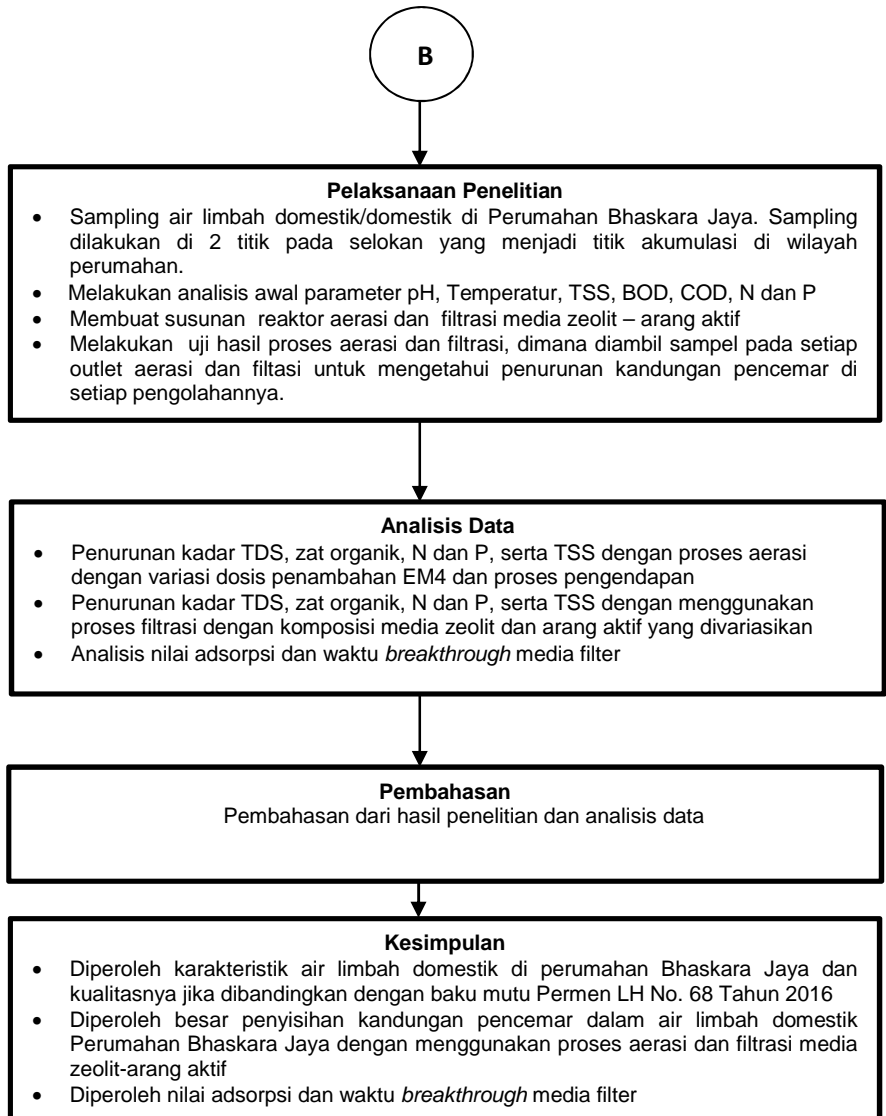
### 3.1 Kerangka Penelitian

Metode penelitian ini dibuat untuk memudahkan dalam penelitian dan berjalan sistematis sesuai dengan waktu yang ditentukan. Kerangka penelitian digunakan sebagai gambaran awal dalam tahap penelitian sehingga dapat memudahkan dalam melakukan penelitian dan penulisan dalam laporan, memudahkan dalam memahami penelitian yang akan dilakukan serta sebagai pedoman dalam melakukan penelitian, sehingga kesalahan dapat diminimalisasi.

Kerangka penelitian merupakan dasar dan alur pemikiran yang digunakan untuk melaksanakan penelitian. Sedangkan kerangka pelaksanaan berfungsi sebagai acuan dalam pelaksanaan yang disusun berdasarkan pada pemikiran permasalahan untuk mencapai tujuan penelitian. Dengan kerangka penelitian dapat meminimalkan kesalahan dalam penelitian. Kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.







Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

### 3.2 Ide Penelitian

Ide penelitian didapat dari analisis *gap* yang membandingkan antara kondisi eksisting dengan kondisi yang diharapkan. Dari permasalahan tersebut diperoleh ide penelitian yaitu 'Pengolahan Air limbah domestik Menggunakan Proses Aerasi dengan Penambahan EM4 dan Filtrasi Menggunakan Media Zeolit – Arang Aktif'. Penelitian ini membahas tentang metode pengolahan air limbah dengan menggunakan filter arang aktif dan media zeolit, serta aerasi menggunakan penambahan EM4. Digunakan penambahan EM4 pada aerasi untuk menambah efektifitas proses aerasi yang ada. Variabel yang digunakan adalah variasi komposisi media filter, serta variasi dosis penambahan EM4. Parameter yang akan diukur yakni sesuai dengan baku mutu air bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 Tahun 2017 yaitu kandungan zat organik, TDS, N dan P, serta dihitung juga nilai *Total Suspended Solid* (TSS) sebagai parameter tambahan.

### 3.3 Studi Literatur

Studi literatur penelitian bertujuan untuk mendukung dan membantu ide penelitian serta meningkatkan pemahaman yang lebih jelas terhadap penelitian yang akan diteliti. Sumber literatur berasal dari peraturan, *text book*, jurnal penelitian internasional maupun nasional, makalah seminar, *review journal*, prosiding, disertasi dan tugas akhir yang berhubungan dengan penelitian. Literatur yang dibutuhkan pada penelitian ini meliputi air limbah domestik/domestik, proses aerasi, proses filtrasi, EM4, zeolit dan arang aktif serta penelitian terdahulu yang dapat dijadikan sebagai acuan.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pada bagian akan dijelaskan tahapan penelitian mulai dari penelitian pendahuluan hingga penelitian utama.

#### **3.4.1 Lokasi Sampling**

Lokasi sampling berada di Perumahan Komplek Bhaskara Jaya Mulyosari, Kecamatan Mulyorejo Kota Surabaya. Wilayah ini berada pada koordinat  $7^{\circ}16'05.71''$  LU, dan  $112^{\circ}47'57.46''$  LS. Denah lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.2

#### **3.4.2 Langkah Awal Penelitian**

Langkah awal dari penelitian adalah dengan melakukan pengujian karakteristik awal sampel yaitu analisis pH, temperatur, TSS, BOD, COD, DO, N dan P dalam sampel air limbah di Perumahan Bhaskara Jaya. Hasil karakteristik air yang diperoleh akan dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 tentang baku Mutu Air Limbah Domestik. Sampel yang diuji karakteristiknya pada langkah awal penelitian ini berasal dari air limbah domestik Perumahan Bhaskara Jaya. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan ITS.

Persiapan penelitian dilakukan untuk penelitian awal, yakni;

- Pengambilan sampel

Sampel yang diambil berasal dari air limbah domestik Perumahan Bhaskara Jaya, yakni di saluran pembuangan atau selokan.



Gambar 3. 2 Perumahan Bhaskara Jaya

Sumber: *Google Earth*

Jumlah dan lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada sub-bab penelitian utama.

Parameter yang akan digunakan pada penelitian kali ini didasarkan pada baku mutu air bersih, yakni kadar zat organik, N, P dan TDS, serta nilai TSS sebagai parameter tambahan. Adapun metode pengujian yang dilakukan untuk masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel 3.1.

**Tabel 3. 1 Pengujian Parameter Air Limbah Domestik**

No	Parameter	Uji
1	TSS	Gravimetri
2	TDS	Turbidimeter
3	Kandungan Zat Organik	KMNO <sub>4</sub>
4	Amonia	Spektropotometri
5	Pospat	Spektropotometri

Sumber: Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan ITS

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, baku mutu yang diperbolehkan untuk limbah domestik dapat dilihat pada Tabel 3.2.

**Tabel 3. 2 Baku Mutu Limbah Cair Domestik berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik**

Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
BOD <sub>5</sub>	30
COD	100
TSS	30
Ammonia	10
pH	6-9

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil uji laboratorium (Tabel 3.2), sampel air limbah domestik

yang berasal dari Perumahan Bhaskara Jaya memiliki kandungan BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, Amonia dan Fosfat yang tinggi dan melebihi baku mutu yang ada. Maka dari itu, penelitian utama perlu dilakukan untuk menurunkan parameter-parameter tersebut agar memenuhi baku mutu yang ada pada Tabel 3.3. Uraian dari penelitian utama dapat dilihat pada sub bab 3.4.3.

Sedangkan, untuk memenuhi baku mutu air bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017, air olahan harus memenuhi baku mutu seperti terlihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3. 3 Baku Mutu Air Bersih berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 32 tahun 2017**

<b>Parameter</b>	<b>Kadar Maksimum (mg/L)</b>
<b>Zat Organik (KMNO<sub>4</sub>)</b>	10
<b>TDS</b>	1000
<b>Nitrat</b>	10
<b>Phosphat</b>	0,05

### **3.4.3 Penelitian Utama**

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai penelitian utama yang akan dilaksanakan, meliputi lokasi sampling serta variabel penelitian.

- **Lokasi Sampling**

*Sampling* yang dilakukan menggunakan metode *grab sampling*. Sampel yang diambil berasal dari saluran air (selokan) yang berada di Perumahan Bhaskara Jaya. Terdapat 16 selokan di Perumahan Bhaskara Jaya, dan *sampling* akan dilakukan di titik akhir pertemuan selokan-selokan. Terdapat 2 titik akumulasi air selokan dengan rincian titik *sampling* dapat dilihat pada Gambar 3.3

- **Variabel Penelitian**

Variabel yang akan digunakan pada penelitian ini adalah variabel dosis penambahan



EM4, komposisi media filter zeolit, serta variabel kecepatan filtrasi.

### **1. Variabel Media Filter**

Media yang akan digunakan pada penelitian ini adalah arang aktif serta zeolit yang tidak diaktivasi. Terdapat 3 reaktor yang digunakan, dengan komposisi media filter yang berbeda. Ketinggian dari media pada filter maksimal adalah 70 cm yang mengacu pada penelitian Nugroho dan Purwoto (2013). Pada penelitian kali ini, dibuat variasi media filter sebagai berikut:

- a. Perbandingan antara zeolit dan arang aktif adalah 75% : 25%
- b. Perbandingan antara zeolit dan arang aktif adalah 50% : 50%
- c. Perbandingan antara zeolit dan arang aktif adalah 25% : 75%

### **2. Variabel Dosis Penambahan EM4**

Pada penelitian ini akan melihat dosis EM4 yang paling efektif untuk menurunkan kadar BOD, COD, TSS, N dan P yang ada dalam air limbah. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Munawaroh dkk. (2013) dosis EM4 yang optimum untuk penyisihan BOD<sub>5</sub> dan TSS pada air limbah yaitu dengan penambahan EM4 sebanyak 5% dari total debit air yang akan diolah. Volume air yang akan diolah pada penelitian kali ini adalah 10 L, sehingga pada penelitian kali ini variasi dosis penambahan EM4 adalah:

- Tanpa penambahan dosis EM4
- 5% dari total debit air olahan, yakni 0,5 L/jam
- 10% dari total debit air olahan, yakni 1L/jam



**Gambar 3. 3 Titik *Sampling* Perumahan Bhaskara Jaya**

Sumber: *Google Earth*

## **Pelaksanaan Penelitian**

Aliran pada filter di penelitian ini adalah filter aliran *down flow* (aliran kebawah), sedangkan berdasarkan sistem kontrol kecepatan filtrasi, tipe filter adalah sistem aliran kontinyu dengan *constant rate*, dimana debit hasil proses filtrasi konstan sampai pada level tertentu (Masduqi dan Assomadi, 2012). Debit yang digunakan pada penelitian utama ini adalah 10 L/jam, dimana debit 10 L/jam diperoleh dari perhitungan kapasitas reaktor dan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Darmawansa dkk. (2014). Filter akan dioperasikan selama 180 menit, dan *sampling* akan dilakukan pada setiap 30 menit. *Sampling* dilakukan di tiga titik, yakni pada *outlet* bak aerasi, pada *outlet* bak pengendap, serta pada *outlet* filter. Pada penelitian ini, akan dilakukan uji parameter TDS, COD, N dan P pada air hasil olahan. Parameter-parameter ini mengacu pada baku mutu air bersih, yaitu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 32 Tahun 2017.

## **3.5 Persiapan Bahan dan Alat**

### **1. Persiapan Bahan**

- Air Sampel  
Air sampel yang digunakan adalah air sampel asli yang diambil dari Perumahan Bhaskara Jaya.
- Aktivator EM 4
- Zeolit dan Arang aktif

### **2. Persiapan Reaktor**

Persiapan reaktor yang dibutuhkan adalah rangkaian gabungan dari beberapa unit pengolahan, yakni bak aerasi, bak pengendap, dan kolom filter. Bak aerasi dapat menampung air hingga mencapai 25 liter, adapun bak pengendap memiliki dimensi 63 cm x 18 cm x 10 cm. Kolom filter yang akan digunakan menggunakan bahan kaca dengan ukur 9 cm x 9 cm x 100 cm. Reaktor akan dilengkapi dengan bak

penampung air baku limbah rumah tangga pada sebelum bak aerasi, dan bak penampung hasil air olahan setelah melewati kolom filter. Disiapkan pompa pada bak penampung air baku dan bak aerasi untuk pengaturan debit air yang diolah.

1. Reaktor Kaca

Reaktor kaca digunakan sebagai reaktor filter. Ukuran yang digunakan yakni 9 cm x 9 cm x 100 cm, dengan ketebalan kaca 0,5 cm.

2. Bak penampung air baku

Bak penampung digunakan sebagai wadah air sampel sebelum dipompa dan dimasukkan ke dalam unit pengolahan pertama, yakni bak aerasi.

3. Bak Aerasi

Bak aerasi digunakan untuk aerasi dengan penambahan EM4.

4. Bak Pengendap

Bak pengendap berukuran 63 cm x 18 cm x 10 cm. Dilengkapi dengan *gutter* sebagai *outlet*nya.

5. Selang dan Keran Air

Selang air digunakan untuk mengalirkan air dari unit ke unit. Selang digunakan karena karakteristiknya yang lentur dan mudah dibentuk. Kran air plastik akan digunakan sebagai valve untuk mengatur debit dan mengambil contoh air yang telah diolah oleh *filter* dengan media arang aktif dan zeolit.

6. Bak Penampung Effluen Hasil Pengolahan

Bak penampung digunakan sebagai wadah air sampel setelah melewati filter. Ketinggian bak penampung effluen tidak melebihi ketinggian dari dasar media filter.

Sketsa denah dan tampak samping reaktor yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3.4 dan Gambar 3.5**



Gambar 3. 5 Denah Reaktor



Gambar 3. 4 Tampak Sampling Reaktor

Halaman ini sengaja dikosongkan

Air limbah yang akan diolah ditampung pada tangki penampung, selanjutnya dialirkan ke tangki aerasi. Pada tangki aerasi terjadi proses aerasi dengan penambahan EM4 yang ditambahkan secara kontinyu dengan debit yang diatur. Perhitungan kebutuhan oksigen pada tangki aerasi adalah sebagai berikut:

Perhitungan kebutuhan oksigen pada bak aerasi menggunakan rumus:

$$R_o = Q (S_o - S) - 1,42 \cdot P_x$$

Dimana:

$R_o$  = Total kebutuhan oksigen (kg/jam)

$Q$  = Debit (L/jam)

$S_o$  = Konsentrasi zat organik pada saat masuk bak aerasi

$S$  = Konsentrasi zat organik pada saat keluar bak aerasi

$P_x$  = Konsentrasi *biomassa* yang terbentuk.

Melalui perhitungan yang telah dilakukan, nilai  $P_x$  pada bak aerasi adalah 0,058 mg/L.

- Perhitungan kebutuhan oksigen dengan dosis penambahan EM4 0%

$$R_o = Q (S_o - S) - 1,42 \cdot P_x$$

$$R_o = 10 \text{ L/jam} (50 - 18,67) - 1,42 \cdot 0,058$$

$$R_o = 313,1 \text{ mg/jam}$$

- Perhitungan kebutuhan oksigen dengan dosis penambahan EM4 5%

$$R_o = Q (S_o - S) - 1,42 \cdot P_x$$

$$R_o = 10 \text{ L/jam} (50 - 17,33) - 1,42 \cdot 0,058$$

$$R_o = 326,2 \text{ mg/jam}$$

- Perhitungan kebutuhan oksigen dengan dosis penambahan EM4 5%

$$R_o = Q (S_o - S) - 1,42 \cdot P_x$$

$$R_o = 10 \text{ L/jam} (50 - 13,33) - 1,42 \cdot 0,058$$

$$R_o = 366,6 \text{ mg/jam}$$

*Outlet* tangki aerasi adalah titik sampling 1, yakni untuk melihat bagaimana kualitas air limbah setelah melewati proses aerasi. Selanjutnya air limbah masuk

ke bak pengendap untuk mengendapkan partikel atau flok yang dihasilkan dari proses serasi dengan penambahan EM4. Untuk masuk ke bak pengendap, aliran air dijaga agar tidak terjadi turbulensi pada bak pengendap. Adapun perhitungan bilangan Reynolds untuk menentukan jenis aliran pada bak pengendap adalah sebagai berikut:

Untuk mencegah terjadinya turbulensi pada aliran air, Reynold number ( $N_{Re}$ ) < 1 untuk aliran laminar (Masduqi dan Assomadi, 2012)

- Volume bak:

$$\begin{aligned} V &= p \times l \times t \\ &= 63\text{cm} \times 16\text{cm} \times 10\text{cm} \\ &= 10.080 \text{ cm}^3 \\ &= 10 \text{ L} \end{aligned}$$

- Waktu detensi:

$$\begin{aligned} T_d &= V/Q \\ &= 10 \text{ L} / 2,7 \times 10^{-3} \text{ L/detik} \\ &= 3.672 \text{ detik} \\ &= 1,02 \text{ jam} \end{aligned}$$

Perhitungan kecepatan pengendapan:

Diketahui:

$$\begin{aligned} \mu &= \text{viskositas absolut dinamis, N.detik/m}^2 = 1,002 \times 10^{-3} \text{ N.detik/m}^2 \\ &= \text{viskositas kinematis} = 1 \times 10^{-3} \\ &= 998,2 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$d_{\text{partikel flokulen}} = 2 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$S_g_{\text{partikel flokulen}} = 1,1 \text{ pada suhu normal}$$

$$V_s = \frac{g}{18 \nu} (S_g - 1) d^2$$

$$V_s = \frac{9,81}{18 (10^{-3})} (1,1 - 1) (0,000002)^2$$

$$V_s = 2,18 \times 10^{-8} \text{ m/detik}$$



• Perhitungan NRe:

$$Nre = \frac{\rho \cdot l \cdot V_s}{\mu}$$

$$Nre = \frac{998,2 \frac{kg}{m^3} \cdot 2 \times 10^{-6} \cdot 2,18 \times 10^{-8}}{1,002 \times 10^{-3}}$$

$$Nre = 5,578 \times 10^{-8}$$

Dari perhitungan diatas, diperoleh nilai Nre kurang dari satu, dimana menurut Masduqi dan Assomadi, jika nilai Nre < 1 menandakan bahwa aliran yang terjadi adalah aliran laminar.

Setelah melewati bak pengendap, air limbah masuk ke dalam filter dengan tetap menjaga aliran air agar tidak terjadi turbulensi atau pengadukan di atas media filter. Setelah melewati filter, terdapat *outlet* terakhir, yakni untuk melihat kualitas air limbah setelah melewati serangkaian proses pengolahan.

Perhitungan debit di tiap-tiap pengolahan pada reaktor adalah sebagai berikut:

Volume air pada tangki penampung = 10 L

Dari perhitungan waktu detensi, diperoleh waktu detensi pada zona pengendapan = 60 menit

- Debit dari tangki penampung menuju tangki aerasi = 10 L/jam atau 2,7 ml/detik.
- Debit air dari tangki aerasi menuju zona pengendapan = 10 L/jam atau 2,7 ml/detik.

### 3.6 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan didasarkan pada perbandingan antara studi literatur dengan hasil penelitian. Data tersebut meliputi hasil uji parameter air limbah domestik sebagai parameter penurunan TSS, BOD, COD, N dan P. Hasil analisis data dan pembahasan ini juga akan menjawab tujuan penelitian yang telah dibuat. Hasil penelitian akan ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel, maupun bentuk deskriptif.

### **3.7 Kesimpulan**

Kesimpulan dan saran didasarkan dari hasil analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan selama penelitian. Kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan dari penelitian dan untuk mempermudah pembaca memperoleh gambaran ringkasan hasil dari penelitian yang telah dilakukan. Saran yang berisi evaluasi dan rekomendasi dapat berguna bagi penelitian selanjutnya agar tidak terjadi kesalahan yang sama dan dapat tercapainya penyempurnaan penelitian sehingga diperoleh informasi yang dapat dipertanggung jawabkan dalam penelitian-penelitian selanjutnya.

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Karakteristik Awal Air Limbah

Penelitian ini diawali dengan penelitian karakteristik awal air limbah untuk mengetahui karakteristik awal air limbah domestik yang akan diolah. Hasil dari penelitian pendahuluan ini akan dijadikan sebagai acuan kemampuan pengolahan dalam menyisihkan beban pencemar. Penelitian awal ini menguji delapan parameter pencemar pada air limbah berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Hasil yang diperoleh dari penelitian awal karakteristik air limbah dapat dilihat pada Tabel 4.1

**Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Karakteristik Awal Air Limbah Domestik Perumahan Bhaskara Jaya**

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Domestik*	Hasil Analisis
1	pH	-	6-9	6,85
2	TSS	mg/L	30	150,00
3	TDS	mg/L	(-)	89,1
4	COD	mg/L O <sub>2</sub>	100	160,00
5	BOD <sub>5</sub>	mg/L O <sub>2</sub>	30	81,90
6	DO	mg/L O <sub>2</sub>	(-)	0,00
7	Nitrat	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	10	26,55
8	Pospat	mg/L PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> -P	(-)	13,89

\*) Mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016

Sumber: Hasil pengukuran laboratorium

Baku mutu yang digunakan untuk air hasil olahan dalam penelitian ini mengacu pada baku mutu air bersih, yaitu Peraturan Menteri Kesehatan No. 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, *Solus Per*

*Aqua*, dan Pemandian Umum. Berdasarkan hasil penelitian awal karakteristik air limbah yang terlihat pada Tabel 4.1, air baku limbah domestik yang akan diolah memiliki nilai diatas baku mutu pada setiap parameter, sehingga diperlukan pengolahan lebih lanjut untuk memenuhi baku mutu air bersih.

#### **4.2 Analisa Penelitian**

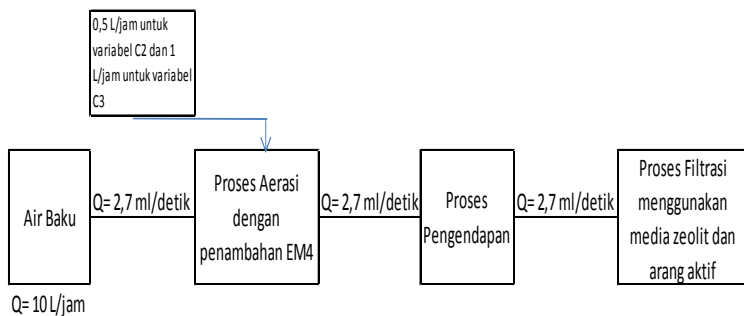
Penelitian akan mengolah air limbah domestik dengan menggunakan reaktor yang disusun secara paralel, dimana terdapat zona aerasi dengan penambahan EM4 dan zona pengendapan untuk mengendapan padatan terlarut dan tersuspensi, serta terdapat tiga buah reaktor yang berisi kombinasi media zeolit dan arang aktif dengan ketinggian total 70 cm.

Berdasarkan arah alirannya maka tipe filter yang digunakan adalah filter aliran *down flow* (kebawah), sedangkan berdasarkan sistem kontrol kecepatan filtrasi, tipe filter adalah *constant rate* dimana debit hasil proses filtrasi konstan sampai pada level tertentu (Masduqi dan Assomadi, 2012). Debit yang digunakan pada penelitian yakni 10 L/jam, dimana debit 10 L/jam didapatkan dari perhitungan kapasitas reaktor, dan mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Darmawansa dkk. (2014). Filter akan dioperasikan selama 3 jam atau 180 menit, dimana berdasarkan penelitian Sisyanreswari dkk. (2010), waktu penyisihan bahan organik dan nutrien yang optimum untuk filter menggunakan media zeolit adalah 2 jam. Sedangkan, data penyisihan akan diambil setiap 30 menit. Sehingga terdapat 7 data inlet dan 7 data outlet untuk tiap reaktor dan variasi. Adapun variabel-variabel dalam penelitian kali ini dapat dilihat pada Tabel 4.2.

**Tabel 4. 2 Variabel Penelitian**

Variabel	
<b>A1</b>	Komposisi media filter Zeolith:Arang Aktif = 75%:25%
<b>A2</b>	Komposisi media filter Zeolith:Arang Aktif = 50%:50%
<b>A3</b>	Komposisi media filter Zeolith:Arang Aktif = 25%:75%
<b>C1</b>	Dosis penambahan EM4 terhadap debit 0%
<b>C2</b>	Dosis penambahan EM4 terhadap debit 5%
<b>C3</b>	Dosis penambahan EM4 terhadap debit 10%

Rangkaian pengolahan pada penelitian ini terdiri dari proses aerasi dengan penambahan EM4 menggunakan variasi dosis, selanjutnya dilanjutkan dengan proses *settling* atau pengendapan flok yang terbentuk dari proses aerasi, dan selanjutnya air olahan akan masuk ke unit kolom filtrasi menggunakan media zeolit-arang aktif. Adapun diagram alir dari proses pengolahan ini dapat dilihat pada Gambar 4.1. Presentase penyisihan untuk tiap parameter, yakni kandungan zat organik, N, P, TDS, dan TSS dihitung pada *effluent* tiap unit. Presentase penyisihan dari setiap unit pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.3.



**Gambar 4. 1 Diagram Alir Proses Pengolahan**

**Tabel 4. 3 Presentase Penyisihan Parameter Pencemar pada Rangkaian Proses Pengolahan**

Proses	Dosis Pena mbaha n EM4	Komposis i Media Filter; Zeolit;Ara ng Aktif	Hasil Pengolahan Aerasi, Sedimentasi, dan Filtrasi										
			Nilai Zat Organik Setelah Proses (mg/L)	% Penyisihan Zat Organik	Nilai TDS Setelah Proses (mg/L)	% Penyisih an TDS	Nilai N Setelah Proses (mg/L)	% Penyisi han N	Nilai P Setelah Proses (mg/L)	% Penyisi han P	Nilai TSS Setelah Proses (mg/L)	% Penyissh an TSS	
			Konsentrasi Awal: 50 mg/L		Konsentrasi Awal: 161mg/L		Konsentrasi Awal: 26,55 mg/L		Konsentrasi Awal: 13,89 mg/L		Konsentrasi Awal: 150 mg/L		
Aerasi	0%		18,67	62,67	140	13,04	0,20	99,26	5,12	63,14	2,78	98,14	
	5%		17,33	65,33	130	19,25	0,15	99,42	3,03	78,17	0,04	99,98	
	10%		13,33	73,33	100	37,89	0,01	99,95	4,94	64,45	0,04	99,98	
Sedi- men- tasi	0%		16,00	68,00	120	25,47	0,14	99,47	3,94	71,61	0,12	99,92	
	5%		16,00	68,00	120	25,47	0,10	99,63	4,09	70,53	0,15	99,90	
	10%		16,00	68,00	120	25,47	0,40	98,51	2,98	78,53	0,14	99,91	
Filtrasi pada menit ke-120	0%		25:75	2,4	85,00	16	86,67	0,47	-233,25	0,05	98,85	0,44	-254,84
			50:50	4,2	73,75	28	76,67	4,56	3153,93	0,05	98,85	0,02	80,65
			75:25	2,4	85,00	16	86,67	0,01	91,27	0,05	98,83	0,09	29,03
	5%		25:75	2,4	85,00	16	86,67	0,13	-29,15	0,05	98,88	0,12	16,22

Dosis Pena mbaha n EM4	Komposisi Media Filter; Zeolit:Ara ng Aktif	Hasil Pengolahan Aerasi, Sedimentasi, dan Filtrasi									
		Nilai Zat Organik Setelah Proses (mg/L)	Presentas e Penyisihan Zat Organik	Nilai TDS Setelah Proses (mg/L)	Present ase Penyisih an TDS	Nilai N Setelah Proses (mg/L)	Present ase Penyisi han N	Nilai P Setelah Proses (mg/L)	Present ase Penyisi han P	Nilai TSS Setelah Proses (mg/L)	Present ase Penyisih an TSS
5%	50:50	1,8	88,75	12	90,00	0,01	87,45	0,05	98,85	0,04	72,97
	75:25	4,2	73,75	28	76,67	0,14	-43,73	0,04	98,93	0,10	32,43
10%	25:75	2,4	85,00	16	86,67	13,54	- 3320,0 9	0,05	98,45	0,08	44,12
	50:50	4,2	73,75	28	76,67	0,01	96,91	0,05	98,49	12,79	- 9305,88
	75:25	4,8	70,00	32	73,33	0,10	75,37	0,05	98,49	0,50	-264,71

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium

Tabel 4.3 menyajikan nilai kandungan dan presentase penyisihan setiap parameter setelah melewati proses pengolahan. Pada proses filtrasi, hasil yang ada pada Tabel 4.3 adalah hasil filtrasi pada menit ke-120, dimana menit ke-120 merupakan waktu pengolahan yang optimum untuk filter pada penelitian ini. Pada proses aerasi, tidak terjadi penyisihan yang signifikan antara variabel tanpa penambahan EM4, dengan penambahan EM4 5%, dan dengan penambahan EM4 10%, hal ini dikarenakan telah terdapat jumlah mikroorganisme yang mencukupi pada air limbah, sehingga penambahan EM4 tidak berpengaruh terlalu signifikan pada pengolahan air dengan menggunakan aerasi. Pada proses sedimentasi atau pengendapan, terjadi presentase penyisihan yang sama pada ketiga variabel, hal ini dikarenakan waktu detensi dan perlakuan saat proses pengendapan yang sama pada ketiga variabel.

Pada proses filtrasi, terjadi presentase penyisihan yang fluktuatif atau tidak menentu, sesuai dengan media yang digunakan. Terjadi *error* pada presentase penyisihan parameter N dan TSS. Hal ini dikarenakan, naiknya kembali kandungan nitrat dan TSS setelah melewati proses pengendapan, dikarenakan adanya penambahan zat-zat pengotor dari luar. Naiknya nilai nitrat juga disebabkan karena tidak dilakukan pencucian media filter.

Selanjutnya, akan dijelaskan hasil penelitian seluruh variabel (Tabel 4.2) setelah melewati seluruh proses, yakni aerasi, pengendapan dan filtrasi. Hasil penelitian akan dibahas berdasarkan parameter yang diukur dalam penelitian ini.

#### **4.2.1 Parameter Kandungan Zat Organik**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil analisis kandungan zat organik pada air yang telah melewati pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.4. Tabel 4.4 menyajikan nilai akhir zat organik dan persen penyisihan total hasil akhir pengolahan, dimana nilai awal kandungan zat organik pada air sebelum diolah adalah 50 mg/L. Dari Tabel 4.4 dapat diperoleh efisiensi total dari proses pengolahan pada penelitian ini.



**Tabel 4. 4 Hasil Akhir Kandungan Zat Organik Seluruh Variabel Penelitian**

Variabel	Waktu	Nilai Kadar Zat Organik (mg/L)	% Penyisihan Total
C1-A1	0	7,2	85,60
	30	4,8	90,40
	60	4,2	91,60
	90	3	94,00
	120	2,4	95,20
	150	3,6	92,80
	180	3,9	92,20
Rata-rata Penyisihan			91,69
C1-A2	0	7,2	85,60
	30	6	88,00
	60	5,4	89,20
	90	6,6	86,80
	120	4,2	91,60
	150	5,4	89,20
	180	5,4	89,20
Rata-rata Penyisihan			88,51
C1-A3	0	9	82,00
	30	7,8	84,40
	60	6	88,00
	90	4,2	91,60
	120	2,4	95,20
	150	2,4	95,20
	180	3	94,00
Rata-rata Penyisihan			90,06

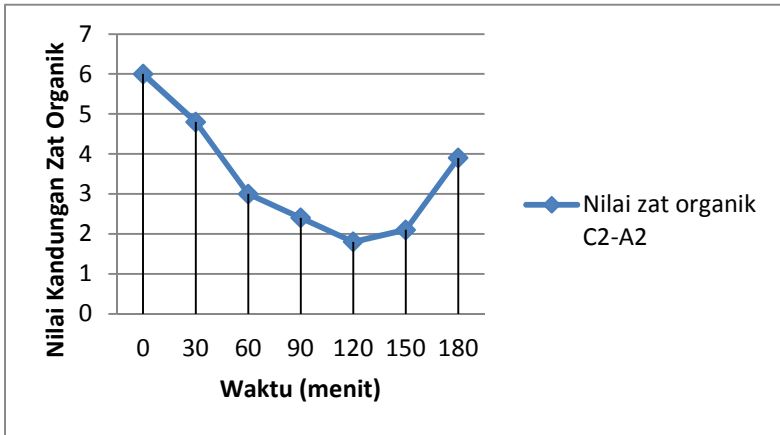
C2-A1	0	6,6	86,80
	30	6	88,00
	60	4,8	90,40
	90	4,2	91,60
	120	2,4	95,20
	150	3	94,00
	180	3,3	93,40
Rata-rata Penyisihan			91,34
C2-A2	0	6	88,00
	30	4,8	90,40
	60	3	94,00
	90	2,4	95,20
	120	1,8	96,40
	150	2,1	95,80
	180	3,9	92,20
Rata-rata Penyisihan			93,14
C2-A3	0	7,8	84,40
	30	7,2	85,60
	60	7,2	85,60
	90	5,4	89,20
	120	4,2	91,60
	150	3	94,00
	180	3	94,00
Rata-rata Penyisihan			89,20
C3-A1	0	8,4	83,20
	30	6,6	86,80
	60	4,8	90,40
	90	3	94,00

	120	2,4	95,20
	150	4,8	90,40
	180	4,8	90,40
Rata-rata Penyisihan			90,06
C3-A2	0	7,8	84,40
	30	6,6	86,80
	60	5,4	89,20
	90	5,4	89,20
	120	4,2	91,60
	150	7,2	85,60
	180	7,2	85,60
Rata-rata Penyisihan			87,49
C3-A3	0	7,2	85,60
	30	6,6	86,80
	60	6	88,00
	90	5,4	89,20
	120	4,8	90,40
	150	4,8	90,40
	180	5,4	89,20
Rata-rata Penyisihan			88,51

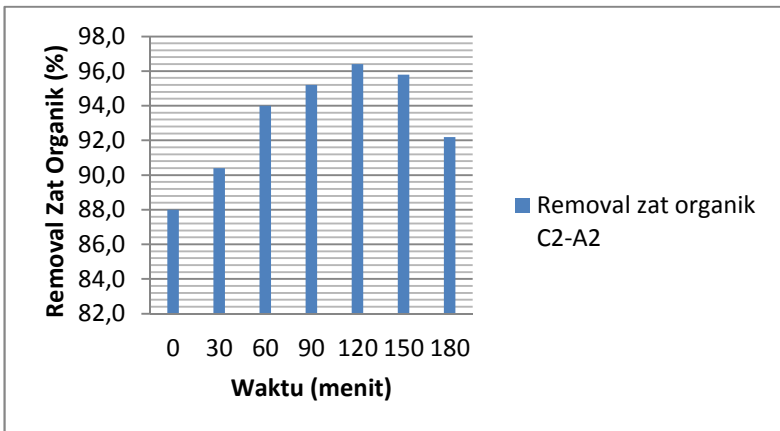
Sumber: Hasil Analisis Laboratorium

Berdasarkan Tabel 4.5, rata-rata penyisihan zat organik paling besar terdapat pada variabel C2-A2, yakni pada variabel komposisi media zeolit:arang aktif adalah 50:50 dan dosis penambahan EM4 adalah 5% dari debit pengolahan air limbah. Rata-rata penyisihan pada variabel ini mencapai 93,14%, adapun penurunan kandungan zat organik terbesar terjadi pada menit ke-120, yakni sebesar 96,4%, sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu efektif untuk penurunan parameter zat organik menggunakan filter zeolit dan arang aktif adalah 120 menit. Besarnya penyisihan pada variabel ini mengacu pada Pamuji dkk.

(2004) yang menyatakan kombinasi media zeolit dan arang aktif merupakan perpaduan yang baik dalam melakukan filtrasi terhadap air karena perbedaan ukuran pori dari kedua media tersebut. Grafik penurunan nilai zat organik dan grafik penyisihan zat organik untuk variabel C2-A2 dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4. 2 Grafik Penurunan Nilai zat organik pada variabel C2-A2



Gambar 4. 3 Grafik Penyisihan Nilai zat organik pada variabel C2-A2

Jika mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 tentang Baku Mutu Air Bersih yang diperuntukan untuk Higiene dan Sanitasi, nilai kandungan zat organik yang diizinkan pada air limbah domestik adalah 10 mg/L. Melalui pengolahan ini, effluen air hasil pengolahan pada variabel C2-A2, pada menit ke-120 penyisihan nilai zat organik mencapai 93,14% dengan nilai zat organik adalah 1,8 mg/L, sehingga sudah memenuhi baku mutu air bersih.

Penurunan kadar zat organik yang tinggi pada variabel ini dipengaruhi oleh komposisi media filter yakni zeolit dan arang aktif, dimana menurut Sisyanreswari dkk. (2010), media filter zeolit dapat menurunkan beban pencemar organik pada air limbah hingga mencapai 86%. Adapun penurunan kemampuan penyisihan yang terjadi dikarenakan media filter telah mencapai titik optimum untuk melakukan filtrasi dan pertukaran ion (menyisihkan zat pencemar), dimana muatan negatif yang ada pada zeolit telah jenuh dan tidak dapat lagi melakukan penangkapan muatan positif. Pada penelitian kali ini, kemampuan pertukaran ion untuk media filter hanya mencapai waktu 120 menit, setelah menit ke-120 terjadi penurunan kemampuan penyisihan beban pencemar pada air olahan.

#### **4.2.2 Parameter Nilai *Total Dissolved Solid* (TDS)**

Kandungan *Total Dissolved Solid* (TDS) air limbah pada penelitian ini menunjukkan kandungan padatan terlarut yang ada pada air limbah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil analisis kandungan TDS pada air yang telah melewati pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.5. Tabel 4.5 menyajikan nilai akhir TDS dan persen penyisihan total hasil akhir pengolahan, dimana nilai awal kandungan TDS pada air sebelum diolah adalah 161 mg/L. Dari Tabel 4.5 dapat diperoleh efisiensi total dari proses pengolahan pada penelitian ini, sedangkan grafik penurunan dan persen penyisihan kadar TDS dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan 4.5.

**Tabel 4. 5 Hasil Akhir Nilai TDS Seluruh Variabel Penelitian**

Variabel	Waktu	Nilai TDS (mg/L)	% Penyisihan
C1-A1	0	48	68,00
	30	32	78,67
	60	28	81,33
	90	20	86,67
	120	16	89,33
	150	24	84,00
	180	26	82,67
Rata-rata Penyisihan			81,52
C1-A2	0	48	68,00
	30	40	73,33
	60	36	76,00
	90	44	70,67
	120	28	81,33
	150	36	76,00
	180	36	76,00
Rata-rata Penyisihan			74,48
C1-A3	0	60	60,00
	30	52	65,33
	60	40	73,33
	90	28	81,33
	120	16	89,33
	150	16	89,33
	180	20	86,67
Rata-rata Penyisihan			77,90
C2-A1	0	44	70,67

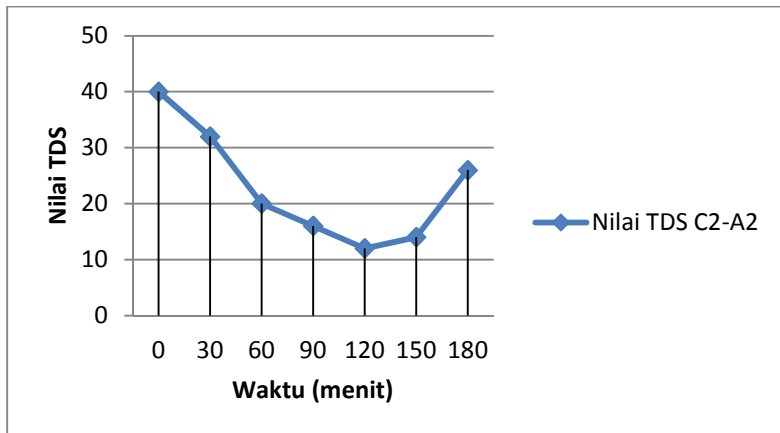
	30	40	73,33
	60	32	78,67
	90	28	81,33
	120	16	89,33
	150	20	86,67
	180	22	85,33
Rata-rata Penyisihan			80,76
C2-A2	0	40	73,33
	30	32	78,67
	60	20	86,67
	90	16	89,33
	120	12	92,00
	150	14	90,67
	180	26	82,67
Rata-rata Penyisihan			84,76
C2-A3	0	52	65,33
	30	48	68,00
	60	48	68,00
	90	36	76,00
	120	28	81,33
	150	20	86,67
	180	20	86,67
Rata-rata Penyisihan			76,00
C3-A1	0	56	62,67
	30	44	70,67
	60	32	78,67
	90	20	86,67
	120	16	89,33
	150	32	78,67

	180	32	78,67
Rata-rata Penyisihan			77,90
C3-A2	0	52	65,33
	30	44	70,67
	60	36	76,00
	90	36	76,00
	120	28	81,33
	150	48	68,00
	180	48	68,00
Rata-rata Penyisihan			72,19
C3-A3	0	48	68,00
	30	44	70,67
	60	40	73,33
	90	36	76,00
	120	32	78,67
	150	32	78,67
	180	36	76,00
Rata-rata Penyisihan			74,48

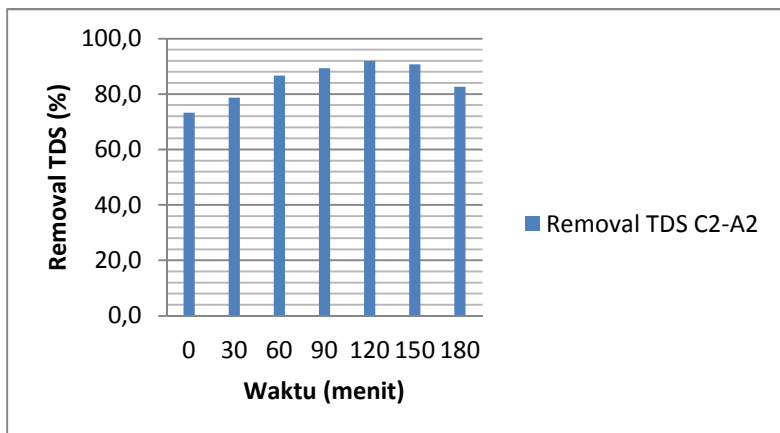
Sumber: Hasil Analisis Laboratorium

Berdasarkan Tabel 4.3, rata-rata penyisihan TDS paling besar terdapat pada variabel C2-A2, yakni pada variabel komposisi media zeolit:arang aktif adalah 50:50 dan dosis penambahan EM4 adalah 5% dari debit pengolahan air limbah. Adapun penurunan kandungan TDS terbesar terjadi pada menit ke-120, sehingga dapat disimpulkan bahwa waktu efektif untuk penurunan parameter TDS menggunakan filter zeolit dan arang aktif adalah 120 menit. Grafik penurunan nilai TDS dan grafik penyisihan TDS untuk variabel C2-A2 dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan 4.5.





Gambar 4. 4 Grafik Penurunan Nilai TDS pada variabel C2-A2



Gambar 4. 5 Grafik Penyisihan Nilai TDS pada variabel C2-A2

Penurunan kemampuan penyisihan yang terjadi dikarenakan media filter telah mencapai titik optimum untuk melakukan filtrasi dan pertukaran ion (menyisihkan zat pencemar). Pada penelitian kali ini, kemampuan pertukaran ion untuk media filter hanya mencapai waktu 120 menit, setelah

menit ke-120 terjadi penurunan kemampuan penyisihan beban pencemar pada air olahan.

Jika mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 tentang Baku Mutu Air Bersih (Air Higiene Sanitasi), nilai kandungan TDS maksimum yang diizinkan pada air bersih adalah 1000 mg/L. Melalui pengolahan ini, effluen air hasil pengolahan pada variabel C2-A2, nilai TDS adalah 12 mg/L pada menit ke-120, sehingga sudah memenuhi baku mutu air bersih yang dipergunakan sebagai air higiene sanitasi.

#### 4.2.3 Parameter Nilai P

Kandungan fosfat air limbah pada penelitian ini dilihat dari nilai  $\text{PO}_4^-$  yang merupakan nutrisi terlarut dalam air limbah, yang sebagian besar berasal dari kandungan deterjen pada air limbah.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil analisis kandungan fosfat pada air yang telah melewati pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.6. Tabel 4.6 menyajikan nilai akhir fosfat dan persen penyisihan total hasil akhir pengolahan, dimana nilai awal kandungan fosfat pada air sebelum diolah adalah 13,89 mg/L. Dari Tabel 4.6 dapat diperoleh efisiensi total dari proses pengolahan pada penelitian ini. Hasil analisis nilai fosfat dan presentase penyisihan untuk setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 4.6.

**Tabel 4. 6 Hasil Akhir Nilai P Seluruh Variabel Penelitian**

Variabel	Waktu	Nilai P (mg/L)	% Penyisihan
C1-A1	0	0,05	99,68
	30	0,05	99,67
	60	0,05	99,67
	90	0,05	99,67
	120	0,05	99,67
	150	0,05	99,68
	180	0,05	99,67

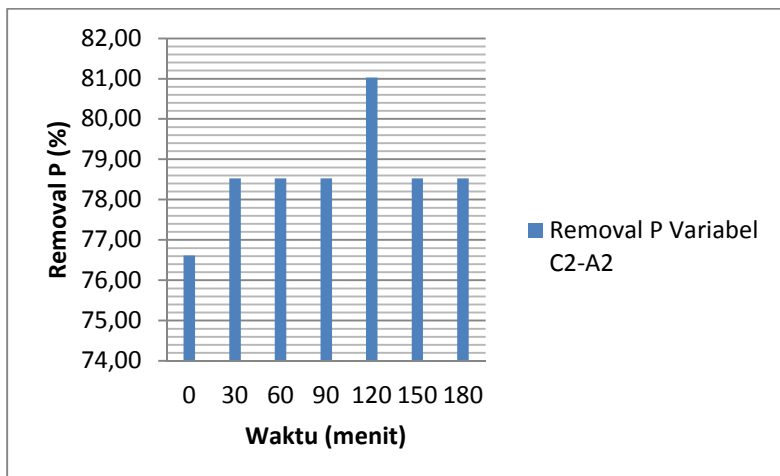
Rata-rata Penyisihan			99,67
C1-A2	0	0,05	99,67
	30	0,05	99,68
	60	0,05	99,67
	90	0,05	99,67
	120	0,05	99,67
	150	0,05	99,67
	180	0,04	99,68
Rata-rata Penyisihan			99,67
C1-A3	0	0,05	99,67
	30	0,05	99,67
	60	0,05	99,67
	90	0,05	99,67
	120	0,05	99,67
	150	0,05	99,67
	180	0,05	99,67
Rata-rata Penyisihan			99,67
C2-A1	0	0,04	99,68
	30	0,04	99,68
	60	0,05	99,67
	90	0,05	99,67
	120	0,05	99,67
	150	0,05	99,67
	180	0,05	99,67
Rata-rata Penyisihan			99,67
C2-A2	0	0,05	99,67
	30	0,05	99,67
	60	0,05	99,67
	90	0,05	99,67

	120	0,05	99,66
	150	0,05	99,67
	180	0,05	99,67
Rata-rata Penyisihan			99,67
C2-A3	0	0,04	99,68
	30	0,04	99,68
	60	0,04	99,68
	90	0,04	99,68
	120	0,04	99,68
	150	0,04	99,68
	180	0,04	99,68
Rata-rata Penyisihan			99,68
C3-A1	0	0,04	99,68
	30	0,04	99,68
	60	0,04	99,68
	90	0,05	99,66
	120	0,05	99,67
	150	0,05	99,67
	180	0,05	99,67
Rata-rata Penyisihan			99,67
C3-A2	0	0,05	99,67
	30	0,05	99,67
	60	0,05	99,68
	90	0,05	99,68
	120	0,05	99,68
	150	0,05	99,68
	180	0,05	99,68
Rata-rata Penyisihan			99,67

C3-A3	0	0,05	99,67
	30	0,05	99,68
	60	0,05	99,67
	90	0,05	99,68
	120	0,05	99,68
	150	0,05	99,68
	180	0,05	99,68
Rata-rata Penyisihan			99,68

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium

Berdasarkan Tabel 4.6, rata-rata penyisihan nilai fosfat paling besar terdapat pada variabel C2-A2, yakni pada variabel komposisi media zeolit:arang aktif adalah 50:50 dan dosis penambahan EM4 adalah 5% dari debit pengolahan air limbah. Adapun penyisihan nilai P terbesar terjadi pada menit ke-120. Grafik penyisihan fosfat untuk variabel C2-A2 dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Grafik Presentase Penyisihan Nilai P pada variabel C2-A2

Adapun penurunan kemampuan penyisihan yang terjadi dikarenakan media filter telah mencapai titik optimum untuk melakukan filtrasi dan pertukaran ion (menyisihkan zat pencemar), dimana muatan negatif yang ada pada zeolit telah jenuh dan tidak dapat lagi melakukan penangkapan muatan positif. Pada penelitian kali ini, kemampuan pertukaran ion untuk media filter hanya mencapai waktu 120 menit, setelah menit ke-120 terjadi penurunan kemampuan penyisihan beban pencemar pada air olahan.

Jika mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 tentang Baku Mutu Air Bersih yang diperuntukan untuk Higiene dan Sanitasi, nilai fosfat dalam air limbah tidak boleh melebihi 0,05 mg/L. Melalui pengolahan ini, effluen air hasil pengolahan pada variabel C2-A2, nilai P adalah 0,05 mg/L pada menit ke-120, sehingga sudah memenuhi baku mutu air bersih yang dipergunakan sebagai air higiene sanitasi.

#### 4.2.4 Parameter Nilai N

Kandungan nitrat air limbah pada penelitian ini dilihat dari nilai ammonia  $\text{NO}_3^-$ -N yang merupakan nutrisi terlarut dalam air limbah.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil analisis kandungan nitrat pada air yang telah melewati pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.7. Tabel 4.7 menyajikan nilai akhir nitrat dan persen penyisihan total hasil akhir pengolahan, dimana nilai awal kandungan nitrat pada air sebelum diolah adalah 26,55 mg/L. Dari Tabel 4.7 dapat diperoleh efisiensi total dari proses pengolahan pada penelitian ini. Hasil analisis untuk setiap variabelnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

**Tabel 4. 7 Hasil Akhir Nilai N Seluruh Variabel Penelitian**

Variabel	Waktu	Nilai N (mg/L)	% Penyisihan
C1-A1	0	0,50	98,13
	30	1,93	92,73
	60	1,33	94,97

	90	1,01	96,21
	120	0,47	98,24
	150	0,41	98,45
	180	0,58	97,81
Rata-rata Penyisihan			96,65
C1-A2	0	0,03	99,90
	30	10,29	61,24
	60	2,56	90,37
	90	3,24	87,80
	120	4,56	82,82
	150	0,31	98,83
	180	4,89	81,59
Rata-rata Penyisihan			86,08
C1-A3	0	0,21	99,20
	30	0,98	96,31
	60	0,03	99,90
	90	1,25	95,30
	120	0,01	99,95
	150	0,35	98,67
	180	1,18	95,56
Rata-rata Penyisihan			97,84
C2-A1	0	0,24	99,10
	30	0,21	99,20
	60	0,18	99,31
	90	0,15	99,42
	120	0,13	99,53
	150	0,27	98,99
	180	0,54	97,97
Rata-rata Penyisihan			99,07

C2-A2	0	0,11	99,58
	30	0,08	99,69
	60	0,05	99,79
	90	0,03	99,90
	120	0,01	99,95
	150	0,03	99,90
	180	0,04	99,85
Rata-rata Penyisihan			99,81
C2-A3	0	0,21	99,20
	30	0,18	99,31
	60	0,23	99,15
	90	0,15	99,42
	120	0,14	99,47
	150	0,14	99,47
	180	0,14	99,47
Rata-rata Penyisihan			99,36
C3-A1	0	13,54	99,20
	30	13,93	99,31
	60	13,66	99,15
	90	13,64	99,42
	120	13,54	99,47
	150	13,53	99,47
	180	13,77	99,47
Rata-rata Penyisihan			99,36
C3-A2	0	0,04	48,98
	30	0,30	47,54
	60	0,10	48,56
	90	0,25	48,61



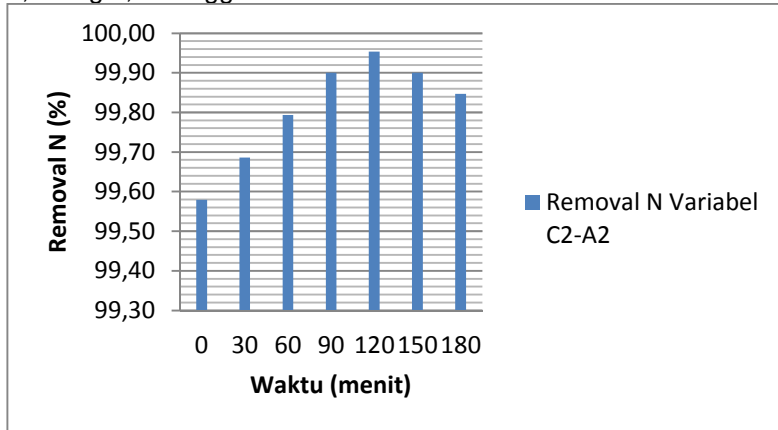
	120	0,01	48,98
	150	0,27	49,04
	180	0,54	48,13
Rata-rata Penyisihan			48,55
C3-A3	0	0,20	99,85
	30	0,15	98,88
	60	0,01	99,63
	90	0,14	99,04
	120	0,10	99,95
	150	0,40	98,99
	180	3,86	97,97
Rata-rata Penyisihan			99,19

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium

Berdasarkan Tabel 4.7, rata-rata penyisihan N paling besar terdapat pada variabel C2-A2, yakni pada variabel komposisi media zeolit:arang aktif adalah 50:50 dan dosis penambahan EM4 adalah 5% dari debit pengolahan air limbah. Adapun penurunan nilai N terbesar terjadi pada menit ke-120, dengan nilai presentase penyisihan mencapai 99,95%. Grafik penyisihan nilai N untuk variabel C2-A2 dapat dilihat pada Gambar 4.7. Adapun penurunan kemampuan penyisihan yang terjadi dikarenakan media filter telah mencapai titik optimum untuk melakukan filtrasi dan pertukaran ion (menyisihkan zat pencemar), dimana muatan negatif yang ada pada zeolit telah jenuh dan tidak dapat lagi melakukan penangkapan muatan positif. Pada penelitian kali ini, kemampuan pertukaran ion untuk media filter hanya mencapai waktu 120 menit, setelah menit ke-120 terjadi penurunan kemampuan penyisihan beban pencemar pada air olahan.

Jika mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 tentang Baku Mutu Air Bersih yang diperuntukan untuk Higiene dan Sanitasi, nilai kandungan N yang diizinkan pada air limbah domestik adalah 10 mg/L. Melalui pengolahan ini, effluen air hasil pengolahan pada variabel C2-A2 pada menit ke-

120 penyisihan nilai N mencapai 99,95% dengan nilai N adalah 0,05 mg/L, sehingga sudah memenuhi baku mutu air bersih.



Gambar 4. 7 Grafik Penyisihan Nilai N pada variabel C2-A2

#### 4.2.5 Parameter Nilai *Total Suspended Solid (TSS)*

Kandungan *Total Suspended Solid (TSS)* air limbah pada penelitian ini menunjukkan kandungan padatan terlarut yang ada pada air limbah. Parameter ini adalah tambahan untuk melihat endapan yang ada pada air hasil olahan.

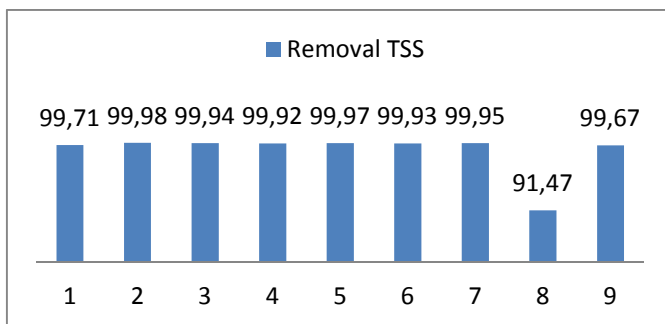
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil analisis kandungan TSS pada air yang telah melewati pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.8. Tabel 4.8 menyajikan nilai akhir TSS dan persen penyisihan total hasil akhir pengolahan, dimana nilai awal kandungan TSS pada air sebelum diolah adalah 150 mg/L. Dari Tabel 4.8 dapat diperoleh efisiensi total dari proses pengolahan pada penelitian ini.

Hasil analisis penyisihan nilai TSS untuk setiap variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.8, sedangkan grafik penyisihan kadar TSS dapat dilihat pada Gambar 4.8.

**Tabel 4. 8 Hasil Akhir Nilai TSS Seluruh Variabel Penelitian**

Variabel	Nilai TSS (mg/L)	Removal TSS
C1-A1	0,44	99,71
C1-A2	0,024	99,98
C1-A3	0,088	99,94
C2-A1	0,124	99,92
C2-A2	0,04	99,97
C2-A3	0,1	99,93
C3-A1	0,076	99,95
C3-A2	12,792	91,47
C3-A3	0,496	99,67

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium



**Gambar 4. 8 Grafik Presentase Penyisihan Nilai TSS**

rata penyisihan TSS paling besar terdapat pada variabel C2-A2, yakni pada variabel komposisi media zeolit:arang aktif adalah 50:50 dan dosis penambahan EM4 adalah 5% dari debit pengolahan air limbah, dengan rata-rata presentase penyisihan adalah 99,97%. Adapun penurunan kemampuan penyisihan yang

terjadi dikarenakan media filter telah mencapai titik optimum untuk melakukan filtrasi dan pertukaran ion (menyisihkan zat pencemar), dimana muatan negatif yang ada pada zeolit telah jenuh dan tidak dapat lagi melakukan penangkapan muatan positif. Pada penelitian kali ini, kemampuan pertukaran ion untuk media filter hanya mencapai waktu 120 menit, setelah menit ke-120 terjadi penurunan kemampuan penyisihan beban pencemar pada air olahan.

Jika mengacu pada Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 tentang Baku Mutu Air Bersih yang diperuntukan untuk Higiene dan Sanitasi Pada penelitian ini, nilai TSS sebagai parameter tambahan yang mengindikasikan bahwa air limbah sudah terolah dengan baik yakni dengan kandungan nutrisi yang sedikit. Melalui pengolahan ini, kandungan TSS pada effluen air hasil pengolahan untuk variabel C2-A2 adalah 0,04 mg/L, sehingga sudah memenuhi baku mutu air bersih.

#### **4.3 Adsorpsi Media Filter menggunakan Model Thomas**

Adsorpsi adalah suatu proses kompleks yang kinerjanya didukung oleh beberapa variabel, salah satunya adalah kapasitas maksimum penyerapan dari media yang digunakan. Model kinetika Thomas adalah model kinetika yang dikembangkan untuk mengkaji proses adsorpsi heterogen dalam suatu sistem yang mengalir (Thomas, 1994). Model Thomas ini digunakan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi dari media yang digunakan pada filter, yakni zeolit dan arang aktif. Perhitungan kapasitas adsorpsi pada kedua media akan dilakukan secara terpisah karena kedua media memiliki densitas yang berbeda.

##### **4.3.1 Perhitungan Densitas dan Massa Media Filter**

Dalam perhitungan adsorpsi dibutuhkan data massa media, maka akan dilakukan perhitungan massa media filter, yakni zeolit dan arang aktif. Pada percobaan kali ini, media filter divariasikan menjadi 3 variabel, yakni variabel A1 dengan komposisi media zeolit:arang aktif adalah 75:25%; variabel A2 dengan komposisi media zeolit:arang aktif adalah 50:50%; dan A3 dengan komposisi media zeolit:arang aktif adalah 25:75%. Berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Haro (2016), diperoleh densitas untuk media zeolit dan arang aktif

masing-masing adalah  $1,772 \text{ gr/cm}^3$  dan  $1,153 \text{ gr/cm}^3$ . Ketinggian total media adalah 70cm, sedangkan ketinggian masing-masing media untuk tiap variabel dapat dilihat pada Tabel 4.9.

**Tabel 4. 9 Ketinggian Media pada Kolom Filter**

Media	Variabel	Ketinggian pada Kolom Reaktor Filter (cm)
Zeolit	A1	52,5
	A2	35
	A3	17,5
Arang Aktif	A1	17,5
	A2	35
	A3	52,5

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan ketinggian masing-masing media pada Tabel 4.9 maka dapat dihitung massa zeolit dan arang aktif yang akan digunakan.

- Massa Zeolit Variabel A1  
 $\text{Volume media} = 9 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} \times 52,5 \text{ cm}$   
 $= 4252,5 \text{ cm}^3$   
 $\text{Massa media} = \text{Volume media} \times \text{Densitas}$   
 $= 4252,5 \text{ cm}^3 \times 1,772 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 7535,43 \text{ gr}$
- Massa Zeolit Variabel A2  
 $\text{Volume media} = 9 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} \times 35 \text{ cm}$   
 $= 2835 \text{ cm}^3$   
 $\text{Massa media} = \text{Volume media} \times \text{Densitas}$   
 $= 2835 \text{ cm}^3 \times 1,772 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 5023,62 \text{ gr}$
- Massa Zeolit Variabel A3  
 $\text{Volume media} = 9 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} \times 17,5 \text{ cm}$   
 $= 1417,5 \text{ cm}^3$   
 $\text{Massa media} = \text{Volume media} \times \text{Densitas}$   
 $= 1417,5 \text{ cm}^3 \times 1,772 \text{ gr/cm}^3$   
 $= 2511,81 \text{ gr}$

- Massa Arang Aktif Variabel A1  
 Volume media = 9 cm x 9 cm x 17,5 cm  
 = 1417,5 cm<sup>3</sup>  
 Massa media = Volume media x Densitas  
 = 1417,5 cm<sup>3</sup> x 1,153 gr/cm<sup>3</sup>  
 = 1634,37 gr
- Massa Arang Aktif Variabel A2  
 Volume media = 9 cm x 9 cm x 35 cm  
 = 2835 cm<sup>3</sup>  
 Massa media = Volume media x Densitas  
 = 2835 cm<sup>3</sup> x 1,153 gr/cm<sup>3</sup>  
 = 3268,75 gr
- Massa Arang Aktif Variabel A3  
 Volume media = 9 cm x 9 cm x 52,5 cm  
 = 4252,5 cm<sup>3</sup>  
 Massa media = Volume media x Densitas  
 = 4252,5 cm<sup>3</sup> x 1,153 gr/cm<sup>3</sup>  
 = 4903,13 gr

#### 4.3.2 Model Adsorpsi Thomas

Model adsorpsi Thomas dapat dirumuskan sebagai bentuk Persamaan 4.1

$$\ln \left( \frac{C_0}{C_t} - 1 \right) = \frac{k_{Th} q_0 X}{v} - k_{Th} C_0 t$$

Dimana:

$C_0$	= konsentrasi influent (mg/L)
$C_t$	= konsentrasi effluent (mg/L)
$K_{Th}$	= konstanta laju Thomas (ml/mg.menit)
$v$	= laju alir (ml/menit)
$q_0$	= kapasitas adsorpsi (mg/g)
$X$	= jumlah adsorben dalam kolom (g)
$t$	= menit

Nilai dari  $K_{Th}$  dan  $q_0$  dapat diperoleh dari plot  $\ln(C_0/C_t - 1)$  –

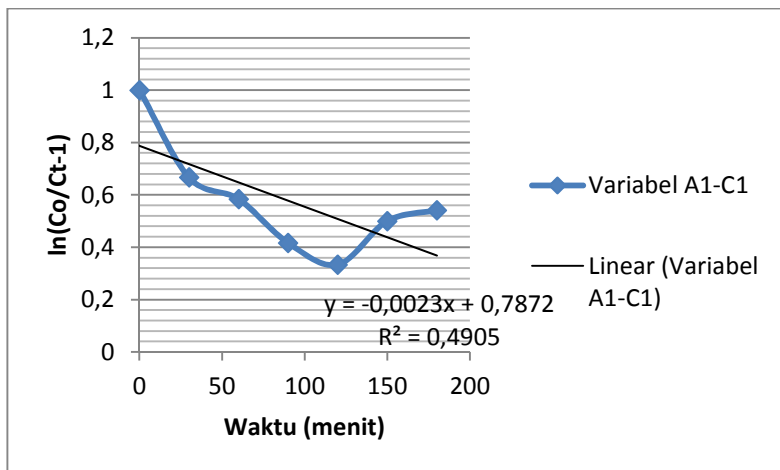
1) versus waktu dengan persamaan regresi linear atau plot

(Ct/Co) versus waktu dengan regresi non-linier, dimana nilai Ct/Co berkisar 0,05-0,95. Pada percobaan kali ini, akan digunakan persamaan regresi linier agar dapat diperoleh nilai dari slope dan intersep. Persamaan dan nilai regresi untuk setiap variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.10, dan nilai kapasitas adsorpsi untuk media zeolit dan arang aktif dapat dilihat pada Tabel 4.11. Sedangkan tabel data detil untuk setiap variabel dapat dilihat pada lampiran. Kurva regresi dapat dilihat pada Gambar 4.9 hingga Gambar 4.17.

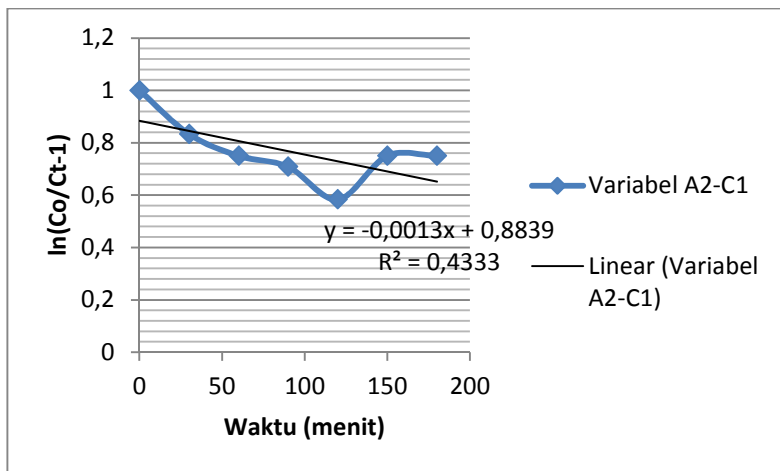
**Tabel 4. 10 Persamaan Linier dan Nilai Regresi Model Thomas**

Variabel	Persamaan Linier	Koefisien Regresi
C1-A1	$y = -0,0023x + 0,7872$	$R^2 = 0,4905$
C1-A2	$y = -0,0013x + 0,8839$	$R^2 = 0,4333$
C1-A3	$y = -0,0054x + 1,1726$	$R^2 = 0,872$
C2-A1	$y = -0,003x + 0,8735$	$R^2 = 0,8117$
C2-A2	$y = -0,0021x + 0,6682$	$R^2 = 0,4135$
C2-A3	$y = -0,0043x + 1,1339$	$R^2 = 0,9434$
C3-A1	$y = -0,0028x + 0,9405$	$R^2 = 0,4033$
C3-A2	$y = -0,0003x + 0,8958$	$R^2 = 0,0116$
C3-A3	$y = -0,0017x + 0,9494$	$R^2 = 0,7526$

Sumber: Perhitungan

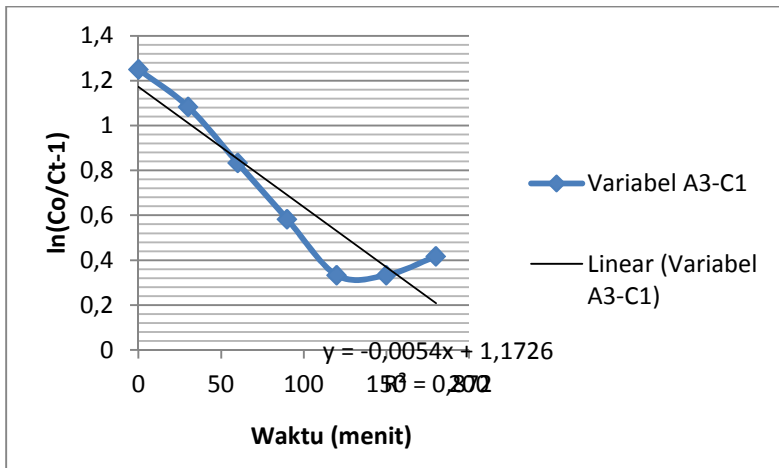


Gambar 4. 9 Kurva Regresi Variabel A1-C1

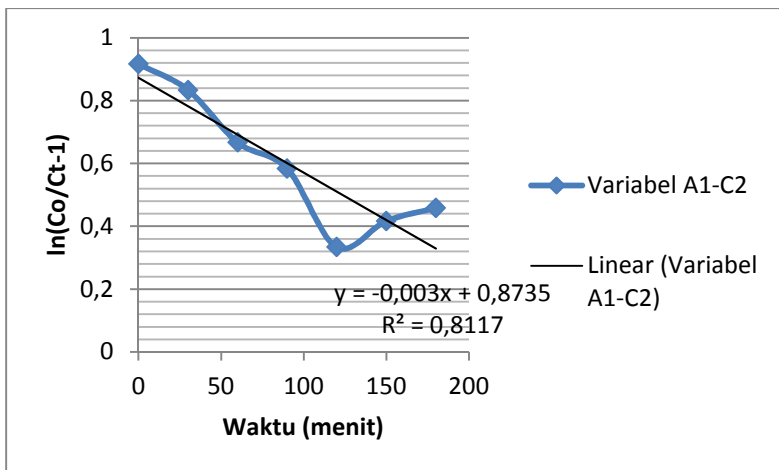


Gambar 4. 10 Kurva Regresi Variabel A2-C1

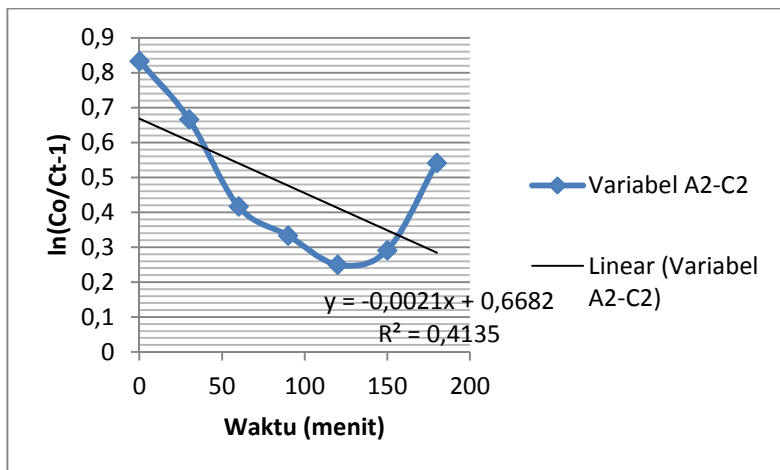




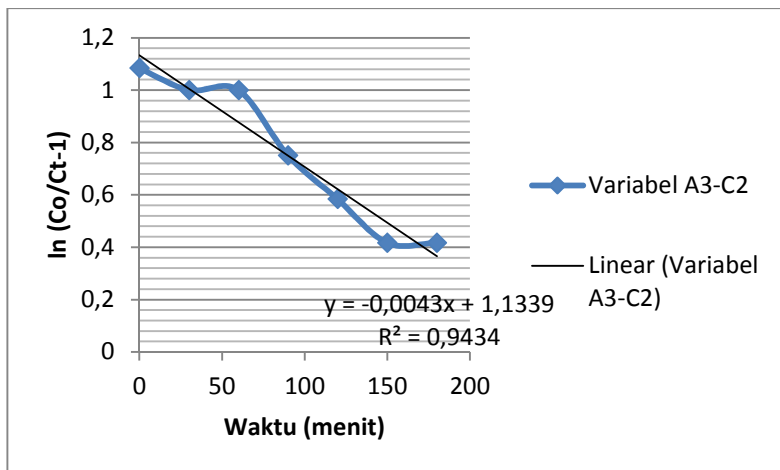
Gambar 4. 11 Kurva Regresi Variabel A3-C1



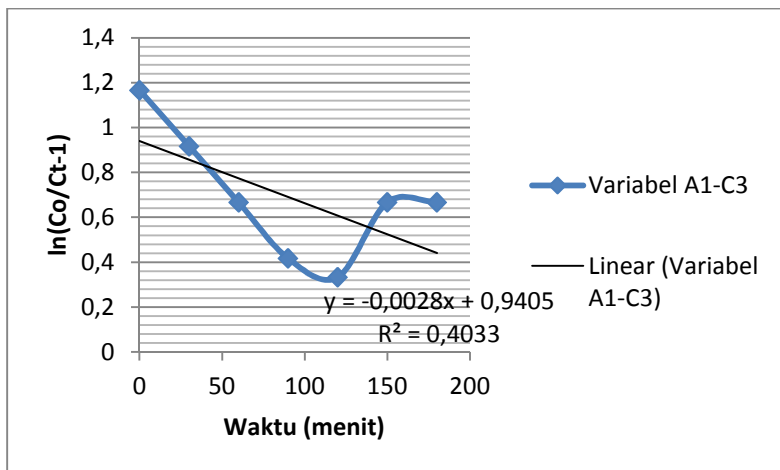
Gambar 4. 12 Kurva Regresi Variabel A1-C2



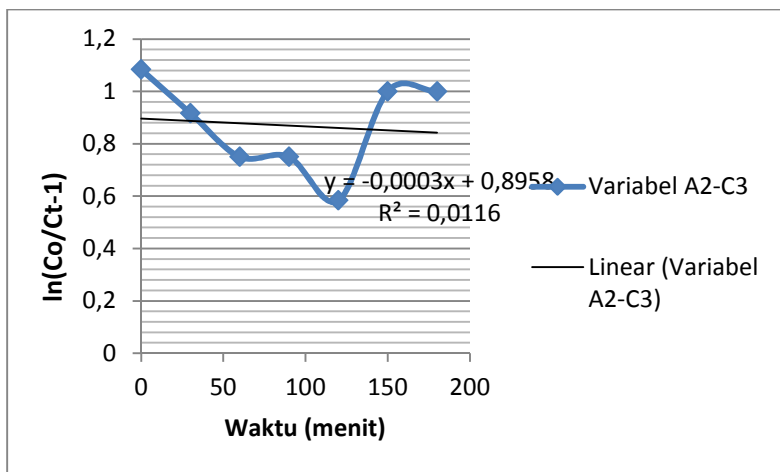
Gambar 4. 13 Kurva Regresi Variabel A2-C2



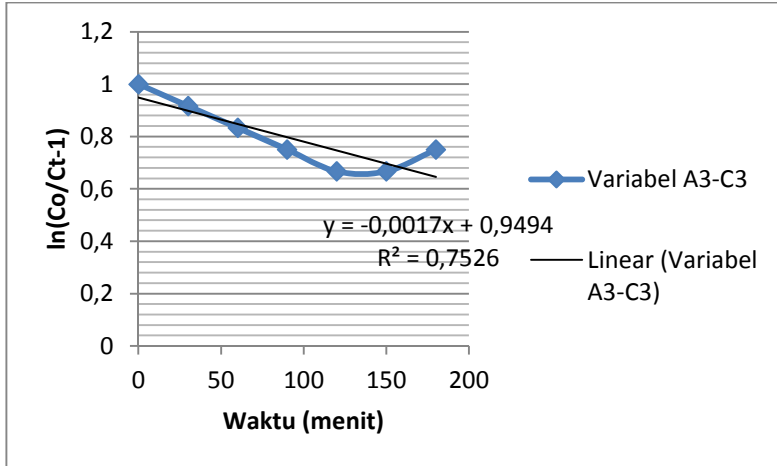
Gambar 4. 14 Kurva Regresi Variabel A3-C2



Gambar 4. 15 Kurva Regresi Variabel A1-C3



Gambar 4. 16 Kurva Regresi Variabel A2-C3



Gambar 4. 17 Kurva Regresi Variabel A3-C3

Dari grafik-grafik diatas, terdapat beberapa persamaan dengan bentuk grafik yang masih mengalami penurunan hingga menit ke 180, sehingga belum dapat disimpulkan pada menit beberapa waktu penyisihan akan optimum. Selain itu, masih terdapat grafik yang mengalami fluktuasi konsentrasi *effluent* yang tidak mengikuti tren kurva *breakthrough*, hal ini disebabkan tidak maksimalnya proses adsorpsi yang terjadi.

Berdasarkan nilai dan persamaan pada Tabel 4.11, dapat diperoleh nilai  $q_0$  dan  $K_{Th}$  dengan perhitungan:

- Variabel A1-B1-C1 Media Zeolit  
 Slope = -0,0023  
 $-K_{Th} \times Co.t$  = -0,0023  
 $K_{Th}$  = 0,0023/ $Co.t$   
 Bila t = 0,277 menit (diperoleh dari perhitungan  $V_{effluent}/V$ )

dan  $Co$  rata-rata = 120 mg/L  
 Maka nilai  $K_{Th}$  =  $-(-0,0023)/120.0,277$   
 = 0,0069 ml/mg.menit

Sedangkan untuk mendapatkan nilai  $q_0$ , yaitu:

Intersep = 0,7872  
 $(K_{Th} \times q_0 \times M_{zeolit})/v$  = 0,7872

$$q_0 = (0,7872 \times v) / (K_{Th} \times M_{zeolit})$$

Bila massa zeolit = 7535,43 g = 7537430 mg; (seperti perhitungan pada halaman 78);

dan  $v = 162$  ml/menit

Maka nilai  $q_0$  diperoleh:

$$q_0 = (0,7872 \times 162) / (0,0069 \times 7537430)$$

$$= 24,53 \text{ mg adsorbat/g adsorban}$$

Perhitungan dari nilai  $K_{Th}$  dan  $q_0$  selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.11.

**Tabel 4. 11** Nilai Kapasitas Adsorpsi Media Zeolit dan Arang Aktif

Variabel	Media Zeolit		Media Arang Aktif	
	Kth	qo	Kth	qo
C1-A1	0,00069	24,52	0,00069	113,08
C1-A2	0,00039	73,08	0,00039	112,32
C1-A3	0,00162	46,68	0,00162	23,91
C2-A1	0,00090	20,86	0,00090	96,20
C2-A2	0,00063	34,20	0,00063	52,56
C2-A3	0,00129	56,69	0,00129	29,04
C3-A1	0,00084	24,07	0,00084	110,98
C3-A3	0,00051	120,06	0,00051	61,50
Rata-rata	0,0008	80,12	0,0008	121,43

Sumber: Perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.12, nilai kapasitas adsorpsi paling besar baik pada media zeolit adalah pada variabel C2-A3, sedangkan untuk media arang aktif, kapasitas yang paling besar adalah C2-A1. Kedua variabel tersebut adalah variabel dengan penambahan dosis EM4 sebesar 5% dari debit olahan, namun komposisi media yang digunakan berbeda. Untuk media zeolit, ketinggian optimum untuk pengolahan limbah adalah A3, yakni 17,5 cm, sedangkan untuk arang aktif adalah A1, yakni 17,5 cm,

sehingga total tinggi media efektif untuk pengolahan limbah ini adalah 35 cm.

#### 4.4 Waktu *Breakthrough* Media Filter

Setelah diperoleh nilai kapasitas adsorpsi ( $q_0$ ) dari media filter, maka dapat dihitung perkiraan waktu *breakthrough* dari media zeolit sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi zat organik} &= Q \times C_0 \\ &= 10 \text{ L/jam} \times 120 \text{ mg/L} \\ &= 1200 \text{ mg/jam} \\ \text{Waktu } breakthrough &= \frac{M \times q_0}{\text{Konsentrasi zat organik}} \\ &= \frac{7535,43 \times 24,257}{1200} \\ &= 91,15 \text{ jam} \end{aligned}$$

Sehingga dari perhitungan dapat diketahui perkiraan waktu *breakthrough* media zeolit adalah 91,15 jam. Perhitungan dari waktu *breakthrough* tiap media selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.12.

**Tabel 4. 12 Waktu Breakthrough Media Filter**

Variabel	Waktu Breakthrough (jam)		Waktu Breakthrough (hari)	
	Media Zeolit	Media Arang Aktif	Media Zeolit	Media Arang Aktif
C1-A1	91,15	91,15	3,80	3,80
C1-A2	181,08	181,08	7,55	7,55
C1-A3	57,83	57,83	2,41	2,41
C2-A1	77,55	77,55	3,23	3,23
C2-A2	84,74	84,74	3,53	3,53
C2-A3	70,23	70,23	2,93	2,93
C3-A1	89,46	89,46	3,73	3,73
C3-A2	795,26	795,26	33,14	33,14
C3-A3	148,74	148,74	6,20	6,20

Sumber: Perhitungan

#### 4.5 Perbandingan Kemampuan Filtrasi dan Adsorpsi Media Zeolit-Arang Aktif

Zeolit merupakan mineral yang memiliki rongga atau pori yang selektif dalam melakukan filtrasi. Ukuran pori untuk melakukan proses filtrasi yang dimiliki oleh zeolit relatif lebih kecil jika dibandingkan dengan ukuran pori yang dimiliki oleh arang aktif. Menurut Pamuji dkk. (2004), kombinasi media zeolit dan arang aktif merupakan perpaduan yang baik dalam melakukan filtrasi terhadap air karena perbedaan ukuran pori pada zeolit dan arang aktif berpengaruh pada kemampuan filtrasi dari kedua media tersebut. Selain itu, zeolit dan arang aktif juga dikenal sebagai media adsorben yang baik. Kemampuan adsorpsi media zeolit dan arang aktif dapat dihitung menggunakan metode perhitungan Thomas, seperti yang sudah dijelaskan pada sub-bab 4.3. Karena kedua media tersebut memiliki kemampuan filtrasi dan adsorpsi, maka akan dilihat proses yang lebih dominan antara filtrasi dan adsorpsi pada penelitian ini.

Kecepatan rata-rata filtrasi pada media zeolit dan arang aktif adalah 2,97 m/jam dengan debit 162 ml/menit. Adapun kecepatan adsorpsi dapat didefinisikan sebagai banyaknya zat yang teradsorpsi per satuan waktu. Kecepatan rata-rata adsorpsi media zeolit pada penelitian ini adalah 0,0008 ml/g.menit. Sehingga, jika dibandingkan antara nilai *rate* filtrasi dan *rate* adsorpsi, hasil yang diperoleh adalah lebih besar nilai *rate* filtrasi. Hal ini mengindikasikan bahwa proses yang lebih dominan pada pengolahan ini adalah proses filtrasi. Hal ini didukung hasil penelitian yang dilakukan oleh Sumarni (2012) yang menyatakan bahwa waktu tinggal yang efektif untuk proses adsorpsi berkisar antara 60-75 menit, sedangkan pada pengolahan ini, waktu tinggal air olahan pada media filter adalah 4,5 menit. Sehingga, proses yang lebih dominan pada pengolahan ini adalah proses filtrasi, adapun proses adsorpsi yang terjadi tidak terlalu besar.

Perbedaan ukuran pori pada zeolit dan arang aktif berpengaruh pada kemampuan filtrasi dan penyerapan dari kedua media tersebut. Menurut Utama dkk. (2017), ukuran pori pada arang aktif yang relatif lebih besar dibandingkan dengan ukuran pori media zeolit, menyebabkan arang aktif

dapat melakukan penyerapan terhadap senyawa nonpolar. Sedangkan, media zeolit dengan ukuran porinya dapat melakukan filtrasi atau pertukaran ion terhadap molekul polar (Utama dkk., 2017).

Pada penelitian kali ini, air yang diolah merupakan air limbah domestik dimana menurut Santoso (2009), sebagian besar beban pencemar pada air limbah domestik berupa bahan organik. Selain itu, berdasarkan penelitian pendahuluan yang telah dilaksanakan, air limbah domestik di Perumahan Bhaskara Jaya mengandung kandungan bahan organik yang tinggi dan melebihi baku mutu pada parameter BOD, COD, TSS, ammonium-nitrat dan fosfat. Bahan organik merupakan senyawa polar, yang berarti pada penelitian ini proses filtrasi lebih dominan dilakukan oleh media zeolit mengingat kemampuan zeolit sebagai filter dan kemampuan zeolit dalam pertukaran ion terhadap molekul polar.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penjelasan penelitian yang telah disampaikan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan:

1. Karakteristik air limbah domestik pada Perumahan Bhaskara Jaya masih melampaui baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik pada parameter TSS, BOD, COD, N dan P.
2.
  - a). Penurunan kandungan atau *removal* kandungan zat organik terbesar terdapat pada variabel C2-A2, yakni dengan variasi media 50% zeolith dan 50% arang aktif, serta dosis penambahan EM4 yakni 5%. Rata-rata penyisihan kandungan zat organik mencapai 93,14%.
  - b). Penurunan kandungan atau *removal* nilai TDS terbesar terdapat pada variabel C2-A2, yakni dengan variasi media 50% zeolith dan 50% arang aktif, serta dosis penambahan EM4 yakni 5%. Rata-rata penyisihan nilai BOD mencapai 84,76%.
  - c). *Removal* nilai P terbesar terjadi pada variabel C2-A2, yakni dengan variasi media 50% zeolith dan 50% arang aktif, serta dosis penambahan EM4 yakni 5% dari debit air baku. Rata-rata penyisihan nilai P mencapai 99,67%.
  - d). *Removal* terbesar untuk parameter N ada pada variabel C2-A2, yakni dengan variasi media 50% zeolith dan 50% arang aktif, serta dosis penambahan EM4 yakni 5%. Rata-rata penyisihan nilai N mencapai 99,81%.
  - e). *Removal* terbesar untuk parameter TSS ada pada variabel C2-A2, yakni dengan variasi media 50% zeolith dan 50% arang aktif, serta dosis penambahan EM4 yakni 5%. Nilai penyisihan TSS mencapai 99,97%.
3. Nilai kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan Model Thomas, dan diperoleh hasil untuk media zeolit adalah 80,12 mg/g adsorben, sedangkan untuk media arang aktif

adalah 121,43 mg/g adsorben. Dan dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proses yang dominan terjadi pada pengolahan ini adalah proses filtrasi.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penjelasan yang telah disampaikan dalam penelitian ini, maka terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan acuan dalam penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Menambah kecepatan adsorpsi dengan metode aktivasi berdasarkan pada air baku olahan, jika proses yang diharapkan lebih dominan pada pengolahan adalah proses adsorpsi.
2. Menambah waktu *running* reaktor agar diperoleh data kurva *breakthrough* yang mencapai keadaan stagnan.
3. Menambah pengolahan yang bertujuan untuk melakukan proses desinfeksi pada air hasil olahan untuk menghilangkan bakteri patogen dan non-patogen, agar kualitas air meningkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. dan Santika, S. 1987. **Metoda Penelitian Air**. Surabaya: Usaha Nasional
- Ayumi, N; Simpen, I.N; dan Suastuti, Adhi. 2015. **Efektivitas Penurunan Kadar Surfaktan Linier Alkil Sulfonat (LAS) dan COD dari Limbah Cair Domestik dengan Metode Lumpur Aktif**. Jurnal Kimia 9. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana. Bali.
- Aziza, Farida Nur; Latifah; dan Kusumastuti, Ella . 2014. **Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi Ammonium Nitrat untuk Menurunkan Salinitas Air Sumur Payau**. Journal of Chemical Science 3, 3:234-238.
- Benefield, Larry D. 1982. **Process Chemistry for Water and Wastewater**. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Surabaya, 2010.
- Dinora, Gianina Qurrata. 2009. Tugas Akhir. **Penurunan Kandungan Zat Kapur Dalam Air Tanah Dengan Menggunakan Filter Media Zeolit Alam Dan Karbon Aktif Menjadi Air Bersih**. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Dan Lingkungan Perairain**. Kanisius: Yogyakarta.
- Endahwati, Luluk dan Suprihatin. 2012. **Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan**. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan Vol. 1 No. 2. Program Studi Teknik Kimia. UPN Veteran, Jawa Timur.
- Fair, G.M. dan Okun, D.A. 1966. **Water and Waste Water Engineering**. John Wiley dan Sons: NewYork.

- Hardini, I. 2011. Laporan Tugas Akhir. **Peningkatan Kualitas Air Sumur Gali Menjadi Air Bersih Menggunakan Filter Mangan Zeolit dan Kabon Aktif: Studi Kasus Air Sumur Gali Permukiman Desa Banjar PO Sidoarjo.** Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS Surabaya.
- Haro, Darosa Elfrida. 2016. **Penurunan Salinitas Air Payau Menggunakan Filter Media Zeolit Teraktivasi dan Arang Aktif.** Tugas Akhir: Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS. Surabaya.
- Hartini, E. 2011. **Modifikasi Zeolit Alam dengan ZnO untuk Degradasi Fotokatalisis Zat Warna.** Laporan Tesis. Jurusan Kimia – FMIPA UI.
- Hindarko, S. 2003. **Mengolah Air Limbah Agar Tidak Mencemari Orang Lain.** Penerbit ESHA: Jakarta.
- Huisman, L. dan Wood. 1974. **Slow Sand Filtration.** WHO Genewa.
- Indrawan, A dan Karnaningroem, N. 2014. ***Aeration, Sedimentation, And Biosand Filtration Design In Artificial Grey Water Cod, Nitrate, Pospbate, And Total Suspended Solid Removal.*** Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS Surabaya.
- Jatmiko, A. 2005. **Studi Awal Pemanfaatan Chitosan Untuk Penurunan Kandungan Logam Berat Chrom (VI) Pada Limbah.** Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan- FTSP ITS Surabaya.
- Kusumastuti, S. 2010. Tugas Akhir. **Efektivitas Zeolit Alam yang Diaktivasi dengan Ammonium Nitrat (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) untuk Menurunkan COD dan BOD Air Limbah Produksi Kertas.** Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Masduqi, A. dan Assomadi, A.F. 2012. **Operasi Dan Proses Pengolahan Air.** Jurusan Teknik

- Lingkungan Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Massoud, M. dan Rashed, Ehab M. 2014. **The Effect of Effective Microorganism (EM) on EBPR in Modified Contact Stabilization System**. Housing and Building National Research Center. Faculty of Engineering, Cairo University Egypt.
- Metcalf dan Eddy. 2004. **Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse**. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Mifbakhuddin. 2010. **Pengaruh Ketebalan Karbon Aktif Sebagai Media Filter Terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur Artesis**. Eksplansi Volume 5 Nomor 2.
- Mubarokah, Isti. 2010. **Gabungan Metode Aerasi dan Adsorpsi dalam Menurunkan Fenol dan COD pada Limbah Cair UKM Batik**. Tugas Akhir. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Mulyana, Y; Purnaini, R; dan Sitorus, B. 2011. **Pengolahan Limbah Cair Domestik untuk Penggunaan Ulang (Water Reuse)**. Teknik Lingkungan Universitas Tanjungpura Pontianak.
- Munawaroh, U; Pharmawati, K; dan Sutisna, M. 2013. **Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu menggunakan Efektif Mikroorganisme 4 (EM4) serta Pemanfaatannya**. Jurnal Institut Teknologi Nasional, Teknik Lingkungan Itenas No. 2 Vol. 1.
- Nadayil, Jency. 2015. **A Study on Effect of Aeration on Domestic Wastewater**. International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations. Vol. 3, Issue 2.
- Nicola, Fendra. 2015. **Hubungan Antara Konduktivitas TDS dan TSS dengan Kadar Fe dan Fe Total pada Air Sumur Gali**. Jurusan Kimia, Universitas

Jember.

- Nugraheni, I.K; Irawati, U; dan Utami. 2012. **Aplikasi Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Terlapis Kitosan sebagai Filter dalam Pengolahan Limbah Cair Sasirangan setelah Koagulasi dengan *Polyaluminium Chloride***. Jurnal Teknologi dan Industri, Vol. 2 No. 1. Program Studi Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat.
- Nugroho, Wahyu dan Purwoto, Setyo. 2013. **Removal Klorida, TDS, Dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion Dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif**. Jurnal Teknik Waktu, Volume 11 Nomor 01.
- Pamuji, T. D. 2014. **Optimalisasi Penggunaan Sinar UV, Mineral Zeolit, dan Mineraloid Arang untuk Memperoleh Air Layak**. Laporan Akhir PKM-P. Institut Pertanian Bogor.
- Purwonugroho, Nasrudin. 2013. **Keefektifan Kombinasi Media Filter Zeolit dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) pada Air Sumur**. Artikel Publikasi Ilmiah. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rahmadhani, Dian Sari. 2014. **Perbedaan Keefektifan Media Filter Zeolit dan Arang Aktif dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air Sumur di Desa Kismoyo Ngemplak Boyolali**. Naskah Publikasi Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ratnasari, Mia dan Nurul Widiastuti. 2011. **Adsorpsi Ion Logam Cu(II) pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT Ipmomi Paiton dengan**

- Metode Kolom.** Jurusan Kimia FMIPA ITS Surabaya.
- Razif, M. 2001. **Rekayasa Konfigurasi Sistem Adsorpsi dan Biocycle untuk Pengolahan Air Limbah Domestik yang Mengandung Deterjen.** Laporan Penelitian. Pusat Penelitian KLH Lembaga Penelitian ITS Surabaya.
- Reynold, T.D., dan Richard, P.A. 1996. **Unit Operation and Process in Environmental Engineering.** Boston, PWS Publishing Company.
- Ritonga, M. Dan Yusuf. 2013. **Pengaruh Kadar Air, Dosis dan Lama Pengendapan Koagulan Serbuk Biji Kelor sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu.** Jurnal Teknik Kimia USU. Vol. 2, No. 1.
- Romayanto, Eko; Sajidan; dan Wiryanto. 2006. **Pengolahan Limbah Domestik dengan Aerasi dan Penambahan Bakteri *Pseudomonas putida*.** Jurnal Bioteknologi. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Ronaldo, R. 2008. Tugas Akhir. **Zeolit Alam dan Kitosan sebagai Adsorben Catalytic Converter Monolitik untuk Pereduksi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.** Institut Pertanian Bogor.
- Rosdiana, T. 2006. **Pencirian dan Uji Aktivasi Katalitik Zeolit Alam Teraktivasi.** Laporan Tugas Akhir. FMIPA IPB.
- Ruthven, Douglas M. 1984. **Principles of Adsorption and Adsorption Process.** John Wiley Sons, Inc. Canada.
- Said, N.I. 2007. **Pengolahan Air Minum Dengan Karbon Aktif Bubuk.** JAI Vol.3, No.2.

- Santoso, Eko dan Hendro, Juwono. 2009. **Efek Polietilen Glikol (PEG) terhadap Kapasitas Adsorpsi dan Tetapan Laju Thomas dalam Proses Adsorpsi Ion Cu(II) dari Larutan pada Komposit Selulosa-Khitosan Terikatsilang dengan Menggunakan Kolom Secara Kontinyu**. Seminar Nasional Kimia, Laboratorium Kimia Fisika dan Polimer. Jurusan Kimia FMIPA ITS Surabaya.
- Santoso, Slamet. 2014. **Limbah Cair Domestik: Permasalahan dan Dampaknya terhadap Lingkungan**. Makalah Penyuluhan Masyarakat. Fakultas Biologi Universitas Soedirman.
- Shan, B; Zhong, C; dan Brooks. 2004. **Effect of the Shell-core-structured Particle Design on Heating Characteristic of Alloy Particle**. Research Article, Surface and Coating Technology, Volume 355.
- Sihombing, J.B.F. 2007. **Penggunaan Media Filtran dalam Upaya Mengurangi Beban Cemaran Limbah Cair Industri Kecil Tapioka**. Laporan Tugas Akhir S1. FTP-IPB
- Sisyanreswari, Hadinta dan Puspita. (2010). **Penurunan TSS, COD, dan Fosfat pada Limbah Laundry Menggunakan Koagulan Tawas dan Media Zeolit**. Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.
- Situmorang, M. 2007. **Kimia Lingkungan**. Medan : FMIPA-UNIMED.
- Sugiharto. 1987. **Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah**. UI-Press, Jakarta.
- Sulistyandari, H. 2009. **Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kontaminasi Deterjen Pada Air Minum Isi Ulang di Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Kabupaten Kendal Tahun 2009**. Tesis Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.



- Sumarni. 2012. **Adsorpsi Zat Warna dan Zat Padat Tersuspensi dalam Limbah Cair**. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi (SNAST) Periode III.
- Suwarso, Christiani dan Kusnarti. 1997. **Pengelolaan Air Limbah Domestik secara Biologis**. Buletin Keslingmas No. 64 Edisi XVI.
- Tchobanoglous, G. 2003. **Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, and Reuse, Third Edition**. McGraw-Hill Inc. New York.
- Thomas, H. C. 1994. **Heterogenous Ion Exchange in a Flowing System**. Chemical Journal, No. 66.
- Togar, Y. M. 2012. **Preparasi Katalis Praseodimium Oksida/Zeolit Klinoptilotit Aktif untuk Meningkatkan Bilangan Oktana pada Gasolin**. Universitas Indonesia, Depok.
- Trianingsih, Ayu. 2013. **Perbedaan Efektivitas Filter Zeolit dan Karbon Aktif dalam Penurunan Kadar TSS (*Total Suspended Solid*) Limbah Cair Industri Tahu Industri Rumah Tangga**. Artikel Publikasi Ilmiah. Universitas Muhamadiyah Surakarta.
- Utama, Mahestra Putra. 2017. **Pengaruh Penggunaan Filtrasi Zeolit dan Arang Aktif terhadap Penurunan Logam Berat Tibal (Pb) Air Tambak Kecamatan Jabon, Sidoarjo**. *Journal of Marine and Coastal Science*, Vol. 6 No. 1.
- Widiastuti, Nurul. 2011. **Adsorpsi Logam Cu(II) dalam Larutan pada Abu Dasar Batubara Menggunakan Metode Kolom**. Prosiding Skripsi Semester Genap 2010/2011. Jurusan Kimia FMIPA ITS Surabaya.
- Yuliasni. 2006. **Studi Kemampuan Kitosan sebagai Biosorban Logam Berat Kadmium dalam Air**

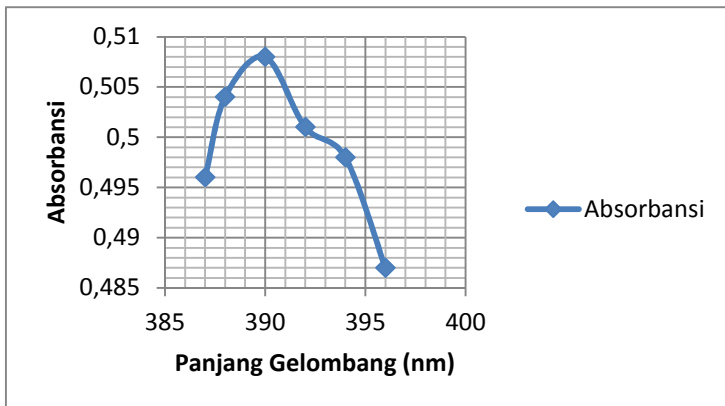
**Limbah Buatan  $\text{CdCl}_2$ .** Laporan Tugas Akhir.  
Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP ITS Surabaya.

**LAMPIRAN**  
**LAMPIRAN A**  
**ANALISIS PARAMETER PENELITIAN**

**Analisis N**

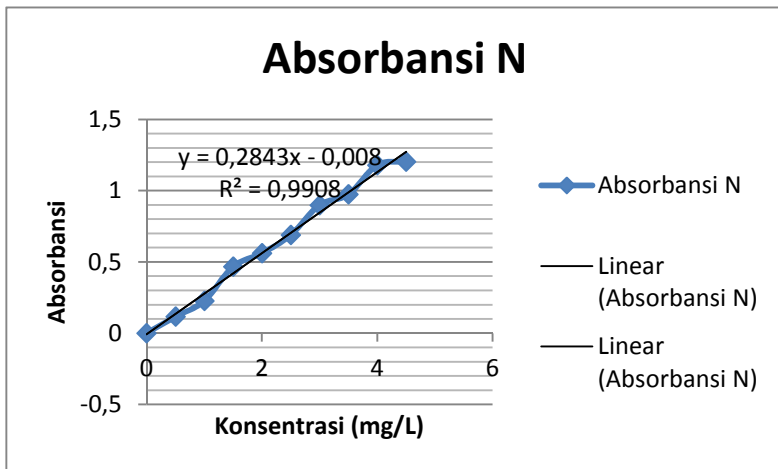
Kalibrasi Panjang Gelombang

Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
387	0,496
388	0,504
390	0,508
392	0,501
394	0,498
396	0,487



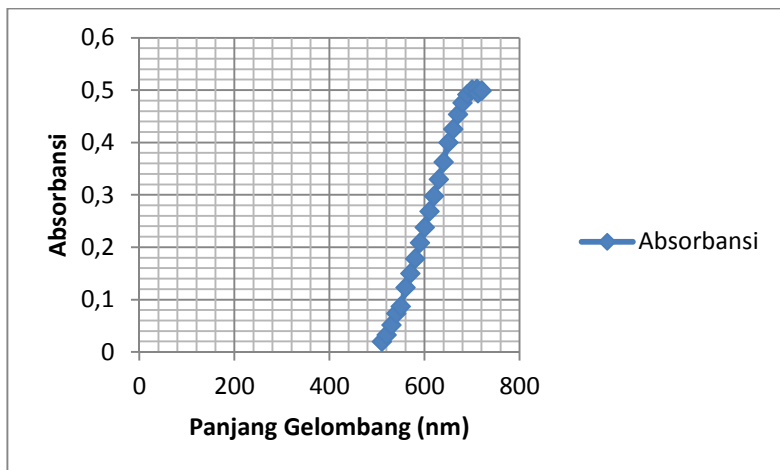
### Absorbansi Maksimum

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi N
0	0
0,5	0,116
1	0,226
1,5	0,467
2	0,561
2,5	0,69
3	0,899
3,5	0,974
4	1,18
4,5	1,205



### Kalibrasi Panjang Gelombang

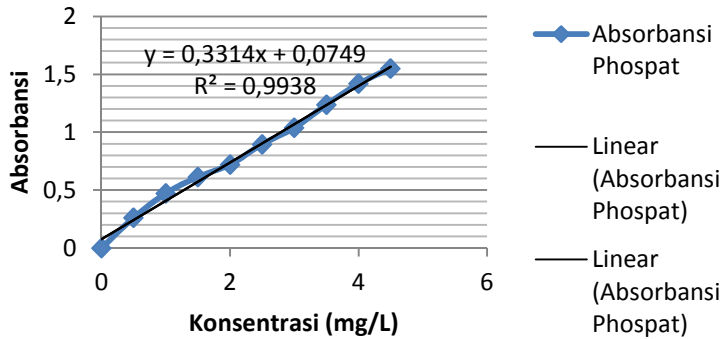
Panjang Gelombang (nm)	Absorbansi
510	0,02
520	0,033
530	0,052
540	0,074
550	0,087
560	0,123
570	0,15
580	0,178
590	0,209
600	0,238
610	0,269
620	0,298
630	0,33
640	0,363
650	0,4
660	0,426
670	0,454
680	0,476
690	0,492
700	0,501
710	0,502
712	0,494
720	0,499



#### Absorbansi Maksimum

Konsentrasi (mg/L)	Absorbansi Phospat
0	0
0,5	0,261
1	0,472
1,5	0,613
2	0,72
2,5	0,895
3	1,037
3,5	1,238
4	1,419
4,5	1,551

## Absorbansi Phospat



## LAMPIRAN B

### PERHITUNGAN KAPASITAS ADSORPSI

VARIABEL A1-C1													
x		162					y						
Menit ke-	V eff	t (veff/v)	Massa Zeolit	Massa Arang Aktif	Co	Ct	ln(Co/Ct-1)	a	Kth Zeolit	b	qo Zeolit	Kth Arang Aktif	qo Arang Aktif
0	4,5	0,0278	7535,43	1634,37	120,000	120,000	1	0,0023	0,00069	0,7872	24,53	0,00069	113,08
30	4,5	0,0278	7535,43	1634,37	120,000	80,000	0,666666667		0,00069		24,53	0,00069	113,08
60	4,5	0,0278	7535,43	1634,37	120,000	70,000	0,583333333		0,00069		24,53	0,00069	113,08
90	4,5	0,0278	7535,43	1634,37	120,000	50,000	0,416666667		0,00069		24,53	0,00069	113,08
120	4,5	0,0278	7535,43	1634,37	120,000	40,000	0,333333333		0,00069		24,53	0,00069	113,08
150	4,5	0,0278	7535,43	1634,37	120,000	60,000	0,5		0,00069		24,53	0,00069	113,08
180	4,5	0,0278	7535,43	1634,37	120,000	65,000	0,541666667		0,00069		24,53	0,00069	113,08
Rata-rata					120,000				0,00069		24,53	0,00069	113,08



VARIABEL A2-C1													
Menit ke-	V eff	t (veff/v)	Massa Zeolit	Massa Arang Aktif	Co	Ct	$\ln(\text{Co}/\text{Ct}-1)$	a	Kth Zeolit	b	qo Zeolit	Kth Arang Aktif	qo Arang Aktif
0	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	120,000	1	0,0013	0,00039	0,8839	73,09	0,00039	112,32
30	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	100,000	0,833333333		0,00039		73,09	0,00039	112,32
60	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	90,000	0,75		0,00039		73,09	0,00039	112,32
90	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	85,000	0,708333333		0,00039		73,09	0,00039	112,32
120	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	70,000	0,583333333		0,00039		73,09	0,00039	112,32
150	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	90,000	0,75		0,00039		73,09	0,00039	112,32
180	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	90,000	0,75		0,00039		73,09	0,00039	112,32
Rata-rata					120,000				0,00039		73,09	0,00039	112,32

VARIABEL A3-C1													
Menit ke-	V eff	t (veff/v)	Massa Zeolit	Massa Arang Aktif	Co	Ct	ln(Co/Ct-1)	a	Kth Zeolit	b	qo Zeolit	Kth Arang Aktif	qo Arang Aktif
0	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	150,000	1,25	0,0054	0,00162	1,1726	46,68	0,00162	23,92
30	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	130,000	1,083333333		0,00162		46,68	0,00162	23,92
60	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	100,000	0,833333333		0,00162		46,68	0,00162	23,92
90	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	70,000	0,583333333		0,00162		46,68	0,00162	23,92
120	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	40,000	0,333333333		0,00162		46,68	0,00162	23,92
150	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	40,000	0,333333333		0,00162		46,68	0,00162	23,92
180	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	50,000	0,416666667		0,00162		46,68	0,00162	23,92
Rata-rata					120,000				0,00162		46,68	0,00162	23,92

VARIABEL A1-C2													
Menit ke-	V eff	t (veff/v)	Massa Zeolit	Massa Arang Aktif	Co	Ct	ln(Co/Ct-1)	a	Kth Zeolit	b	qo Zeolit	Kth Arang Aktif	qo Arang Aktif
0	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	110,000	0,916666667	0,003	0,0009	0,8735	20,87	0,0009	96,20
30	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	100,000	0,833333333		0,0009		20,87	0,0009	96,20
60	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	80,000	0,666666667		0,0009		20,87	0,0009	96,20
90	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	70,000	0,583333333		0,0009		20,87	0,0009	96,20
120	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	40,000	0,333333333		0,0009		20,87	0,0009	96,20
150	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	50,000	0,416666667		0,0009		20,87	0,0009	96,20
180	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	55,000	0,458333333		0,0009		20,87	0,0009	96,20
Rata-rata					120,000				0,0009		20,87	0,0009	96,20

VARIABEL A2-C2													
Menit ke-	V eff	t (veff/v)	Massa Zeolit	Massa Arang Aktif	Co	Ct	ln(Co/Ct-1)	a	Kth Zeolit	b	qo Zeolit	Kth Arang Aktif	qo Arang Aktif
0	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	100,000	0,833333333	0,0021	0,00063	0,6682	34,20	0,00063	52,57
30	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	80,000	0,666666667		0,00063		34,20	0,00063	52,57
60	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	50,000	0,416666667		0,00063		34,20	0,00063	52,57
90	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	40,000	0,333333333		0,00063		34,20	0,00063	52,57
120	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	30,000	0,25		0,00063		34,20	0,00063	52,57
150	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	35,000	0,291666667		0,00063		34,20	0,00063	52,57
180	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	65,000	0,541666667		0,00063		34,20	0,00063	52,57
Rata-rata					120,000				0,00063		34,20	0,00063	52,57

VARIABEL A3-C2													
Menit ke-	V eff	t (veff/v)	Massa Zeolit	Massa Arang Aktif	Co	Ct	$\ln(\text{Co}/\text{Ct}-1)$	a	Kth Zeolit	b	qo Zeolit	Kth Arang Aktif	qo Arang Aktif
0	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	130,000	1,083333333	0,0043	0,00129	1,1339	56,69	0,00129	29,04
30	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	120,000	1		0,00129		56,69	0,00129	29,04
60	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	120,000	1		0,00129		56,69	0,00129	29,04
90	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	90,000	0,75		0,00129		56,69	0,00129	29,04
120	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	70,000	0,583333333		0,00129		56,69	0,00129	29,04
150	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	50,000	0,416666667		0,00129		56,69	0,00129	29,04
180	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	50,000	0,416666667		0,00129		56,69	0,00129	29,04
Rata-rata					120,000				0,00129		56,69	0,00129	29,04

VARIABEL A1-C3													
Menit ke-	V eff	t (veff/v)	Massa Zeolit	Massa Arang Aktif	Co	Ct	Ct/Co	a	Kth Zeolit	b	qo Zeolit	Kth Arang Aktif	qo Arang Aktif
0	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	140,000	1,166666667	0,0028	0,00084	0,9405	24,07	0,00084	110,98
30	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	110,000	0,916666667		0,00084		24,07	0,00084	110,98
60	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	80,000	0,666666667		0,00084		24,07	0,00084	110,98
90	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	50,000	0,416666667		0,00084		24,07	0,00084	110,98
120	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	40,000	0,333333333		0,00084		24,07	0,00084	110,98
150	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	80,000	0,666666667		0,00084		24,07	0,00084	110,98
180	4,5	0,02778	7535,43	1634,37	120,000	80,000	0,666666667		0,00084		24,07	0,00084	110,98
Rata-rata					120,000				0,00084		24,07	0,00084	110,98

VARIABEL A2-C3													
Menit ke-	V eff	t (veff/v)	Massa Zeolit	Massa Arang Aktif	Co	Ct	$\ln(\text{Co}/\text{Ct}-1)$	a	Kth Zeolit	b	qo Zeolit	Kth Arang Aktif	qo Arang Aktif
0	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	130,000	1,083333333	0,0003	0,00009	0,8958	320,97	0,00009	493,29
30	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	110,000	0,916666667		0,00009		320,97	0,00009	493,29
60	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	90,000	0,75		0,00009		320,97	0,00009	493,29
90	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	90,000	0,75		0,00009		320,97	0,00009	493,29
120	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	70,000	0,583333333		0,00009		320,97	0,00009	493,29
150	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	120,000	1		0,00009		320,97	0,00009	493,29
180	4,5	0,02778	5023,62	3268,75	120,000	120,000	1		0,00009		320,97	0,00009	493,29
Rata-rata					120,000				0,00009		320,97	0,00009	493,29

VARIABEL A3-C3													
Menit ke-	V eff	t (veff/v)	Massa Zeolit	Massa Arang Aktif	Co	Ct	$\ln(\text{Co}/\text{Ct}-1)$	a	Kth Zeolit	b	qo Zeolit	Kth Arang Aktif	qo Arang Aktif
0	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	120,000	1	0,0017	0,00051	0,9494	120,06	0,00051	61,51
30	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	110,000	0,916666667		0,00051		120,06	0,00051	61,51
60	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	100,000	0,833333333		0,00051		120,06	0,00051	61,51
90	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	90,000	0,75		0,00051		120,06	0,00051	61,51
120	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	80,000	0,666666667		0,00051		120,06	0,00051	61,51
150	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	80,000	0,666666667		0,00051		120,06	0,00051	61,51
180	4,5	0,02778	2511,81	4903,13	120,000	90,000	0,75		0,00051		120,06	0,00051	61,51
Rata-rata					120,000				0,00051		120,06	0,00051	61,51



**LAMPIRAN C**  
**Perhitungan Waktu *Breakthrough***

Variabel	Massa		qo		Waktu <i>Breakthrough</i> (jam)		Waktu <i>Breakthrough</i> (hari)	
	Media Zeolit	Media Arang Aktif	Media Zeolit	Media Arang Aktif	Media Zeolit	Media Arang Aktif	Media Zeolit	Media Arang Aktif
C1-A1	7535,43	1634,37	24,53	113,08	91,15	91,15	3,80	3,80
C1-A2	5023,62	3268,75	73,09	112,32	181,08	181,08	7,55	7,55
C1-A3	2511,81	4903,13	46,68	23,92	57,83	57,83	2,41	2,41
C2-A1	7535,43	1634,37	20,87	96,20	77,55	77,55	3,23	3,23
C2-A2	5023,62	3268,75	34,20	52,57	84,74	84,74	3,53	3,53
C2-A3	2511,81	4903,13	56,69	29,04	70,23	70,23	2,93	2,93
C3-A1	7535,43	1634,37	24,07	110,98	89,46	89,46	3,73	3,73
C3-A2	5023,62	3268,75	320,97	493,29	795,26	795,26	33,14	33,14
C3-A3	2511,81	4903,13	120,06	61,51	148,74	148,74	6,20	6,20

## LAMPIRAN D DOKUMENTASI



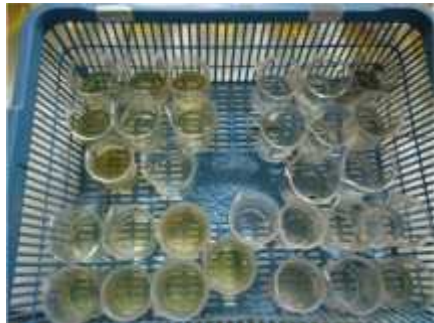
Pengambilan Air Sampel



Air Hasil Olahan



Uji Kandungan Zat  
Organik



Uji Kandungan N dan P



Uji Kandungan TSS



Tampak Reaktor

**LAMPIRAN E**  
**PERATURAN-PERATURAN YANG DIGUNAKAN**

LAMPIRAN I  
PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN  
REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR P.68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016  
TENTANG  
BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK

BAKU MUTU AIR LIMBAH DOMESTIK TERSENDIRI

Parameter	Satuan	Kadar maksimum*
pH	-	6 - 9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Keterangan:

- \*- Rumah susun, penginapan, asrama, pelayanan kesehatan, lembaga pendidikan, perkantoran, perniagaan, pasar, rumah makan, balai pertemuan, arena rekreasi, permukiman, industri, IPAL kawasan, IPAL permukiman, IPAL perkotaan, pelabuhan, bandara, stasiun kereta api, terminal dan lembaga pemasyarakatan.

Salinan sesuai dengan aslinya  
KEPALA BIRO HUKUM,



MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN  
KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

SITI NURBAYA



PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 32 TAHUN 2017

TENTANG

STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PERSYARATAN  
KESEHATAN AIR UNTUK KEPERLUAN HIGIENE SANITASI, KOLAM RENANG,  
SOLUS PER AQUA, DAN PEMANDIAN UMUM

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 26 ayat (1) Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, perlu menetapkan Peraturan Menteri Kesehatan tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua, dan Pemandian Umum;

Mengingat : 1. Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan (Lambiran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 184, Tambahan Lambiran Negara Republik Indonesia Nomor 5570);  
2. Peraturan Presiden Nomor 35 Tahun 2015 tentang Kementerian Kesehatan (Lambiran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 59);

---

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN MENTERI KESEHATAN TENTANG STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PERSYARATAN KESEHATAN AIR UNTUK KEPERLUAN HIGIENE SANITASI, KOLAM RENANG, SOLUSI PER AQUA, DAN PEMANDIAN UMUM.

Fasal 1

Dalam Peraturan Menteri ini yang dimaksud dengan:

1. Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan adalah spesifikasi teknik atau nilai yang dibakukan pada media lingkungan yang berhubungan atau berdampak langsung terhadap kesehatan masyarakat.
2. Persyaratan Kesehatan adalah kriteria dan ketentuan teknik kesehatan pada media lingkungan.
3. Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi adalah air dengan kualitas tertentu yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya berbeda dengan kualitas air minum.
4. Kolam Renang adalah tempat dan fasilitas umum berupa konstruksi kolam berisi air yang telah diolah yang dilengkapi dengan fasilitas kenyamanan dan pengamanan baik yang terletak di dalam maupun di luar bangunan yang digunakan untuk berenang, rekreasi, atau olahraga air lainnya.
5. Solus Per Aqua yang selanjutnya disingkat SPA adalah sarana air yang dapat digunakan untuk terapi dengan karakteristik tertentu yang kualitasnya dapat diperoleh dengan cara pengolahan maupun alami.
6. Pemandian Umum adalah tempat dan fasilitas umum dengan menggunakan air alam tanpa pengolahan terlebih dahulu yang digunakan untuk kegiatan mandi, relaksasi, rekreasi, atau olahraga, dan dilengkapi dengan fasilitas lainnya.
7. Penyelenggara adalah badan usaha, usaha perorangan, kelompok masyarakat dan/atau individu yang melakukan penyelenggaraan penyediaan Air untuk

Keperluan Higien Sanitasi, Kolam Renang, SPA, dan Pemandian Umum.

8. Menteri adalah menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kesehatan.

#### Paragraf 2

- (1) Setiap Penyelenggara wajib menjamin kualitas Air untuk Keperluan Higien Sanitasi, air untuk Kolam Renang, air untuk SPA, dan air untuk Pemandian Umum, yang memenuhi Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan.
- (2) Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tercantum dalam Lampiran I yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.

#### Paragraf 3

Untuk menjaga kualitas Air untuk Keperluan Higien Sanitasi, air untuk Kolam Renang, air untuk SPA, dan air untuk Pemandian Umum memenuhi Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2, dilakukan pengawasan internal dan eksternal.

#### Paragraf 4

- (1) Pengawasan internal merupakan pengawasan yang dilakukan oleh Penyelenggara melalui penilaian mandiri, pengambilan, dan pengujian sampel air.
- (2) Pengawasan internal dilaksanakan paling sedikit 1 (satu) kali dalam 1 (satu) tahun kecuali parameter tertentu yang telah ditetapkan dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan.
- (3) Pengawasan internal sebagaimana dimaksud pada ayat (1) menggunakan formulir 1 tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.



- (4) Hasil pengawasan internal sebagaimana dimaksud pada ayat (1) wajib didokumentasikan dan dilaporkan kepada dinas kesehatan kabupaten/kota untuk ditindaklanjuti dengan menggunakan formulir 2 tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.
- (5) Ketentuan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) sampai dengan ayat (4) dikuatkan bagi Penyelenggara yang tidak menyediakan air untuk kepentingan umum atau komersial.

#### Pasal 5

- (1) Pengawasan eksternal dilakukan oleh tenaga kesehatan lingkungan yang terlatih pada dinas kesehatan kabupaten/kota, atau kantor kesehatan pelabuhan untuk lingkungan wilayah kerjanya.
- (2) Pengawasan eksternal dilaksanakan paling sedikit 1 (satu) kali dalam 1 (satu) tahun.
- (3) Pengawasan eksternal sebagaimana dimaksud pada ayat (1) menggunakan formulir 1 tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.
- (4) Kepala dinas kesehatan kabupaten/kota melaporkan hasil pengawasan eksternal secara berjenjang melalui kepala dinas kesehatan provinsi dan diteruskan kepada Menteri menggunakan formulir 3 tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.
- (5) Kepala kantor kesehatan pelabuhan melaporkan hasil pengawasan eksternal kepada Menteri dan kepala otoritas pelabuhan/bandar udara menggunakan formulir 4 tercantum dalam Lampiran II yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.

#### Paragraf 6

Pengambilan dan pengujian sampel air untuk pengawasan internal dan eksternal dilakukan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

#### Paragraf 7

Dalam hal berdasarkan hasil pengawasan, kualitas Air untuk Keperluan Higienis Sanitasi, air untuk Kolam Renang, air untuk SPA, dan air untuk Pemandian Umum tidak memenuhi Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan, Penyelenggara harus melakukan perlindungan dan peningkatan kualitas air sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

#### Paragraf 8

- (1) Menteri, kepala dinas kesehatan provinsi, dan kepala dinas kesehatan kabupaten/kota melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap pelaksanaan Peraturan Menteri ini sesuai dengan tugas, fungsi, dan kewenangan masing-masing.
- (2) Pembinaan dan pengawasan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat melibatkan organisasi dan asosiasi terkait.
- (3) Pembinaan dan pengawasan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diarahkan untuk melindungi masyarakat terhadap segala kemungkinan yang dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan.
- (4) Pembinaan dan pengawasan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diselenggarakan melalui:
  - a. advokasi dan sosialisasi;
  - b. bimbingan teknis; dan/atau
  - c. monitoring dan evaluasi.

#### Paragraf 9

- (1) Dalam rangka pembinaan dan pengawasan, Menteri, kepala dinas kesehatan provinsi, dan kepala dinas kesehatan kabupaten/kota, sesuai kewenangannya dapat

memberikan sanksi administratif kepada Penyelenggara selain Penyelenggara yang tidak menyediakan air untuk kepentingan umum atau komersial yang tidak memenuhi Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri ini.

- (2) Sanksi administratif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat berupa:
- a. peringatan tertulis; dan/atau
  - b. rekomendasi penghentian sementara kegiatan atau pencabutan izin.

#### Pasal 10

Setiap Penyelenggara harus menyesuaikan dengan ketentuan Peraturan Menteri ini paling lambat 2 (dua) tahun sejak Peraturan Menteri ini diundangkan.

#### Pasal 11

Pada saat Peraturan Menteri ini mulai berlaku:

- a. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air;
- b. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 061/MENKES/PER/I/1991 tentang Persyaratan Kesehatan Kolam Renang dan Pemandian Umum; dan
- c. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 8 Tahun 2014 tentang Pelayanan Kesehatan SPA (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 277), sepanjang mengatur mengenai Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan air untuk SPA, dicabut dan dinyatakan tidak berlaku.

#### Pasal 12

Peraturan Menteri ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Menteri ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 31 Mei 2017

MENTERI KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

NILA FARID MOELOEK

Diundangkan di Jakarta  
pada tanggal 20 Juni 2017

DIREKTUR JENDERAL  
PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

WIDODO EKATJAHJANA

BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN 2017 NOMOR 864

Salinan sesuai dengan aslinya  
Kepala Biro Hukum dan Organisasi  
Sekretariat Jenderal Kementerian Kesehatan,



Sundoyo, SH, MKM, M.Hum  
NIP 196504081988031002

LAMPIRAN I  
PERATURAN MENTERI KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 82 TAHUN 2017  
TENTANG  
STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN  
LINGKUNGAN DAN PERSYARATAN  
KESEHATAN AIR UNTUK KEPERLUAN  
HIGIENE SANITASI, KOLAM RENANG, SOLUS  
PER AQUA, DAN PEMANDIAN UMUM

STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN LINGKUNGAN DAN PERSYARATAN  
KESEHATAN AIR UNTUK KEPERLUAN HIGIENE SANITASI, KOLAM RENANG,  
SOLUS PER AQUA, DAN PEMANDIAN UMUM

BAB I  
PENDAHULUAN

Berdasarkan ketentuan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, kualitas lingkungan yang sehat ditentukan melalui pencapaian atau pemenuhan Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan. Air merupakan salah satu media lingkungan yang harus ditetapkan Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan.

Isu yang muncul akibat perkembangan lingkungan yaitu perubahan iklim salah satunya menyangkut media lingkungan berupa air antara lain pola curah hujan yang berubah-ubah. Hal ini menyebabkan berkurangnya ketersediaan air bersih untuk keperluan higiene sanitasi. Selain itu hal ini juga menyebabkan berkurangnya air untuk keperluan Kolam Renang dan SPA yang pada umumnya mengambil air dari air tanah. Curah hujan yang lebat dan terjadinya banjir memperburuk sistem sanitasi yang belum memadai, sehingga masyarakat rawan terkena penyakit menular melalui air seperti diare dan lain-lain. Ditinjau dari sudut kesehatan masyarakat, kebutuhan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, SPA, dan Pemandian Umum harus memenuhi syarat kualitas agar kesehatan masyarakat terjamin. Kebutuhan air

tersebut bervariasi dan bergantung pada keadaan iklim, standar kehidupan, dan kebiasaan masyarakat.

Hasil studi epidemiologi dan asesmen risiko yang dihimpun oleh WHO menunjukkan perkembangan penentuan standar dan pedoman dalam rangka peningkatan kualitas air dan dampak kesehatannya. Disebutkan bahwa selain air minum, air untuk keperluan rekreasi seperti Kolam Renang, SPA, dan Pemandian Umum juga menjadi potensi risiko penyebab penyakit berakut air. Oleh karena itu, perlu peraturan perundang-undangan yang mengakomodasi upaya mewujudkan kesehatan lingkungan pada media lingkungan berupa air.

## BAB II

### STANDAR BAKU MUTU KESEHATAN LINGKUNGAN

#### A. Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi

Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia yang dapat berupa parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan parameter yang harus diperiksa secara berkala sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan, sedangkan parameter tambahan hanya disarankan untuk diperiksa jika kondisi geohidrologi mengindikasikan adanya potensi pencemaran berkaitan dengan parameter tambahan. Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi tersebut digunakan untuk pemeliharaan kebersihan perumahan seperti mandi dan sikat gigi, serta untuk keperluan cuci bahan pangan, peralatan makan, dan pakaian. Selain itu Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi dapat digunakan sebagai air baku air minum.

Tabel 1 berisi daftar parameter wajib untuk parameter fisik yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi.

Tabel 1. Parameter Fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi

No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Kekeruhan	NTU	25
2.	Warna	TCU	50
3.	Zat padatan terlarut (Total Dissolved Solid)	mg/l	1000
4.	Suhu	°C	suhu udara $\pm 3$
5.	Rasa		tidak berasa
6.	Bau		tidak berbau

Tabel 2 berisi daftar parameter wajib untuk parameter biologi yang harus diperiksa untuk keperluan higiene sanitasi yang meliputi total coliform dan *escherichia coli* dengan satuan/unit colony forming unit dalam 100 ml sampel air.



Tabel 2. Parameter Biologi dalam Standar Baku Mutu Kesehatan

Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiena Sanitasi			
No.	Parameter Wajib	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
1.	Total coliform	CFU/100ml	50
2.	E. coli	CFU/100ml	0

Tabel 3 berisi daftar parameter kimia yang harus diperiksa untuk keperluan higiena sanitasi yang meliputi 10 parameter wajib dan 10 parameter tambahan. Parameter tambahan ditetapkan oleh pemerintah daerah kabupaten/kota dan otoritas pelabuhan/bandar udara.

Tabel 3. Parameter Kimia dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air untuk Keperluan Higiena Sanitasi

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
Wajib			
1.	pH	mg/l	6,5 - 8,5
2.	Besi	mg/l	1
3.	Fluorida	mg/l	1,5
4.	Kesadahan ( $\text{CaCO}_3$ )	mg/l	500
5.	Mangan	mg/l	0,5
6.	Nitrat, sebagai N	mg/l	10
7.	Nitrit, sebagai N	mg/l	1
8.	Sianida	mg/l	0,1
9.	Detarjen	mg/l	0,05
10.	Pestisida total	mg/l	0,1
Tambahan			
1.	Air rakta	mg/l	0,001
2.	Arsen	mg/l	0,05
3.	Kadmium	mg/l	0,005
4.	Kromium (valensi 6)	mg/l	0,05
5.	Selenium	mg/l	0,01
6.	Benz	mg/l	15
7.	Sulfat	mg/l	400
8.	Timbel	mg/l	0,05



No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)
9.	Benzena	mg/l	0,01
10.	Zat organik (KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	10

#### E. Air untuk Kolam Renang

Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media air Kolam Renang meliputi parameter fisik, biologi, dan kimia. Parameter fisik dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk media air Kolam Renang meliputi bau, kekeruhan, suhu, kejernihan dan kepadatan. Untuk kepadatan, semakin dalam Kolam Renang maka semakin luas ruang yang diperlukan untuk setiap perenang.

Tabel 4. Parameter Fisik Dalam Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk Media Air Kolam Renang

No.	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar maksimum)	Keterangan
1.	Bau		Tidak berbau	
2.	Kekeruhan	NTU	0,5	
3.	Suhu	°C	16-40	
4.	Kejernihan	piringan terlihat jelas		piringan merah hitam (Secchi) berdiameter 20 cm terlihat jelas dari kedalaman 4,572 m
5.	Kepadatan perenang	m <sup>2</sup> /perenang	2,2	kedalaman <1 meter
			2,7	kedalaman 1-1,5 meter
			4	kedalaman > 1,5 meter

## PROFIL PENULIS



Penulis bernama lengkap Afiya Asadiya. Merupakan putri kelahiran Madiun, 10 September 1996. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2003-2009 di Madrasah Pembangunan UIN Jakarta. Kemudian dilanjutkan di SMPN 85 Jakarta pada tahun 2009-2011. Pendidikan menengah atas diselesaikan di SMAN 34 Jakarta pada tahun 2011-2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2014 dan terdaftar dengan NRP 3314 100 045. Selama masa kuliah, penulis aktif di bidang organisasi, sebagai pengurus organisasi pada skala jurusan maupun skala institut. Penulis juga mengikuti berbagai pelatihan *softskill* dan pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi melalui email: [afiyaasadiya@gmail.com](mailto:afiyaasadiya@gmail.com).